

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UNA DE ESTACIÓN DE
SOLDADURA PARA ELEMENTOS DIP, SMD Y BGA



JHON ALEXANDER SUESCÚN PINTO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA ECBTI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2018

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UNA DE ESTACIÓN DE
SOLDADURA PARA ELEMENTOS DIP, SMD Y BGA

JHON ALEXANDER SUESCÚN PINTO

PROYECTO APLICADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

DIRECTOR:
ING. JAIRO LUIS GUTIÉRREZ TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
AUTOMATIZACIÓN Y HERRAMIENTAS LÓGICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERA ECBTI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2018

No es el conocimiento, sino el acto de aprendizaje; y no la posesión, sino el acto de llegar a ella, lo que concede el mayor disfrute.

Carl Friedrich Gauss 1808

Resumen

Con el desarrollo tecnológico se ha incrementado la necesidad de utilizar herramientas acordes con este. En los equipos de cómputo, entretenimiento, audio, video, es común la falla en circuitos de soldado BGA, SMD, entre otros; para los cuales se requiere el cambio de estos o su reinstalación. Para esto se hace necesario herramientas que garanticen la calidad del soldado y el control de la temperatura para evitar averías en dichos circuitos.

La prestación del servicio técnico a todos estos dispositivos evidencia el requerimiento de herramientas prácticas que garanticen una buena labor en el soldado de los elementos tanto superficiales (BGA), (SMD), convencionales (DIP) y prestar un control en la temperatura de soldado, se hace importante también en el elemento o placa a soldar. La labor se hace más profesional por medio de una herramienta que facilite un control de estos factores, es también útil y necesaria.

Es por esto que se realiza la estación de soldado controlada por microcontrolador en la que se pueden seleccionar no solo la temperatura a soldar, sino también programable según las aplicaciones más comunes y programable por el usuario que satisfagan las necesidades según la experiencia del usuario.

Palabras clave: (BGA, SMD, DIP, Microcontrolador)

Abstract

With the technological development the need to use tools according to this has increased. In computer equipment, entertainment, audio, video, is common the failure in circuits of soldier BGA, SMD, among others; for which the change of these or their reinstallation is required. For this it is necessary tools that guarantee the quality of the soldier and the control of the temperature to avoid breakdowns in said circuits.

The provision of technical service to all these devices evidences the requirement of practical tools that guarantee a good work in the welding of both surface elements (BGA), (SMD), conventional (DIP) and provide a control in the temperature of welding, it becomes important also in the element or plate to be welded. The work is made more professional by means of a tool that facilitates a control of these factors, it is also useful and necessary.

That is why the soldering station controlled by microcontroller is made in which you can select not only the temperature to be welded, but also programmable according to the most common applications and programmable by the user that meet the needs according to the user's experience.

Keywords: (BGA, SMD, DIP, Microcontroller).

Contenido

Introducción	1
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Alcance	3
Metodología	4
1. Marco conceptual y teórico.....	6
1.1 La integración electrónica.....	6
1.2 Las Soldaduras BGA.....	7
1.3 Tipo de herramientas y estaciones existentes	8
2. Desarrollo del Proyecto.....	9
2.1 Control.....	9
2.1.1 PIC 18F4550.....	10
2.1.2 <i>Display grafico</i>	11
2.1.3 Encoder	17
2.1.4 Botonera	19
2.1.5 Programa Principal.....	21
2.2 Cautín.....	27
2.2.1 Medición de la Temperatura.....	27
2.2.2 Control de la temperatura del Cautín.....	34
2.3 Cañón de Aire caliente	46
2.3.1 Adecuación de la señal	48
2.3.2 Conversión y linealización de la señal.....	49
2.3.3 Control del flujo del aire.....	59
2.4 Zona externa	63
2.5 Fuente de alimentación	64
2.6 Diseño circuito impreso	66
2.7 Montaje y armado de las tarjetas	72
2.8 Calibración y pruebas	73
2.9 Caja y ensamble final	74
2.9.1 Frontal para la caja	75
2.9.2 Armado y conexiones.....	76
2.9.3 Ensamble final y pruebas	77
2.11 Costos	78
3. Conclusiones y recomendaciones	80
3.1 Conclusiones.....	80
3.2 Recomendaciones.....	81
4. Anexos.....	82
Anexo 1.....	82
Anexo 2.....	83
Anexo 3.....	84

Anexo 4.....	85
Anexo 5.....	86
Anexo 6.....	88
Anexo 7.....	89
Anexo 8.....	90
Anexo 9.....	90
Anexo 10.....	91
Anexo 11.....	93
5. Bibliografía.....	94

Lista de figuras

Pág.

<i>Figura 0-1: Chip BGA fuente: (tecnologiademontajesuperficial, 2017)</i>	7
<i>Figura 0-1: PIC Microchip fuente: (Microchip, 2018)</i>	10
<i>Figura 0-2: Display 128 * 64 fuente: (AliExpress, 2018)</i>	11
<i>Figura 0-3: Conexión de la GLCD Fuente: Elaboración Propia</i>	12
<i>Figura 0-4: Logo Fuente elaboración Propia</i>	13
<i>Figura 0-5: Uso bmp2glcd Fuente elaboración propia</i>	14
<i>Figura 0-6: Uso de FastLCD Fuente elaboración propia</i>	14
<i>Figura 0-7: Uso FastLCD Fuente: Elaboración Propia</i>	15
<i>Figura 0-8: Archivo generado Fuente elaboración Propia</i>	15
<i>Figura 0-9: Preparación de los datos fuente elaboración propia</i>	16
<i>Figura 0-10 Imagen simulada y real, Fuente elaboración propia</i>	16
<i>Figura 0-11 Encoder, Fuente (Diotronic, s.f.)</i>	17
<i>Figura 0-12 Estados del Encoder Fuente (productwell, 2015)</i>	17
<i>Figura 0-13 Simulación del encoder, Fuente: elaboración propia</i>	18
<i>Figura 0-14 Diagrama de la botonera fuente elaboración propia</i>	19
<i>Figura 0-15 Diagrama de flujo Programa principal, fuente: Elaboración propia</i>	22
<i>Figura 0-16 Distribución general de los elementos principales, fuente: Elaboración propia</i>	23
<i>Figura 0-17 Pantallas de inicio, fuente: Elaboración propia</i>	24
<i>Figura 0-18 Menú cautín, fuente: Elaboración propia</i>	25
<i>Figura 0-19 Menú 2 Cañón y Menú 3 Ajuste de aire.</i>	25
<i>Figura 0-20 Pantalla principal con cautín y cañón activados, fuente: Elaboración propia</i>	26
<i>Figura 0-21 Menú Zona externa, fuente: Elaboración propia</i>	26
<i>Figura 0-22 Pantalla apagando, fuente: Elaboración propia</i>	26
<i>Figura 0-23 Cautín 24v termocupla interna fuente (B2Bcolombia EU, 2018)</i>	27
<i>Figura 0-24 Esquemático adecuación de la señal Fuente elaboración propia</i>	31
<i>Figura 0-25 curva termocupla graficada</i>	33
<i>Figura 0-26 termocupla con línea de tendencia</i>	33
<i>Figura 0-27 Grafica de temperatura vs tiempo control on off</i>	34
<i>Figura 0-28 Curva de ejemplo de sintonización del PID fuente: (Breijo, 2008)</i>	36
<i>Figura 0-29 Temperatura cautín al 20% 4,8V</i>	38
<i>Figura 0-30 Control en paralelo, Fuente: elaboración propia</i>	41
<i>Figura 0-31 Comportamiento real graficado PID, Fuente elaboración propia</i>	42
<i>Figura 0-32 Grafica comportamiento real PID corregido, Fuente elaboración propia</i>	43
<i>Figura 0-33 Circuito de potencia a conectar el cautín (R6), Fuente elaboración propia</i> ...	44
<i>Figura 0-34 Simulación del circuito de potencia del cautín, Fuente: Elaboración propia</i> ..	46
<i>Figura 0-35 Montaje de prueba trabajando el circuito del cautín</i>	46

Figura 0-36 Cañón de aire genérico fuente: (Clasf Argentina, 2018).....	47
Figura 0-37 Cañón con turbina, Fuente: Elaboración propia	48
Figura 0-38 Linealización de la termocupla, fuente elaboración propia	50
Figura 0-39 Sintonía cañón al 20% Fuente elaboración propia.....	51
Figura 0-40 Diagrama de la etapa de potencia para el cañón	55
Figura 0-41 Características Mosfet 24N50, Fuente: (Unisonic Technologies Co.LTD, 2012)	55
Figura 0-42 Formas de onda de la simulación de la señal en el calefactor del cañón, Fuente elaboración propia.	57
Figura 0-43 Simulación del ruido sin filtrar y filtrado, Fuente elaboración propia	58
Figura 0-44 circuito de potencia para el cañón montado y probado	58
Figura 0-45 motor del cañón	59
Figura 0-46 Diagrama circuito de control y potencia de la turbina para el aire, Fuente elaboración propia	62
Figura 0-47 Control de aire montado y a prueba fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 0-48 Características de la fuente ATX , Fuente captura propia	65
Figura 0-49 Diagrama de reforma a la fuente y conexión de encendido Fuente elaboración propia	65
Figura 0-50 Diagrama control, Fuente elaboración propia	67
Figura 0-51 Diagrama Etapa de Potencia. Fuente elaboración propia	68
Figura 0-52 Control vista superior top. Fuente elaboración propia	68
Figura 0-53 Control vista inferior Bottom . Fuente elaboración propia.....	69
Figura 0-54 Control Serigrafía. Fuente elaboración propia	69
Figura 0-55 Potencia Vista superior TOP. Fuente elaboración propia.....	69
Figura 0-56 Vista inferior Potencia Bottom. Fuente elaboración propia.....	70
Figura 0-57 Serigrafía Potencia. fuente elaboración propia.....	70
Figura 0-58 Circuito impreso control vista superior. Fuente elaboración propia	71
Figura 0-59 Circuito impreso control vista inferior. Fuente elaboración propia	71
Figura 0-60 circuito impreso Potencia vista superior. Fuente elaboración propia	71
Figura 0-61 Circuito impreso Potencia vista inferior. Fuente elaboración propia	72
Figura 0-62 Tarjetas para botones, encoder y leds. Fuente elaboración propia	72
Figura 0-63 Tarjeta de control armada. Fuente elaboración propia	73
Figura 0-64 Tarjeta de Potencia ensamblada. Fuente elaboración propia	73
Figura 0-65 ubicación física de los trimer, jumpers e IC para ajuste. Fuente elaboración propia	74
Figura 0-66 Caja , perforaciones y soportes. Fuente elaboración propia	75
Figura 0-67 Frente para la caja. Fuente elaboración propia	75
Figura 0-68 conexiones Din 8 pines. Fuente elaboración propia.....	76
Figura 0-69 Elementos montados y conectados en la caja	76
Figura 0-70 Bases de cautín y cañón con los acoples magnéticos	77
Figura 0-71 Equipo terminado funcionando. Fuente elaboración propia	77

Lista de tablas

Pág.

<i>Tabla 2-1 Datos del Encoder, Fuente elaboración propia</i>	18
<i>Tabla 2-2 Voltajes según el pulsador oprimido fuente: elaboración propia.....</i>	20
Tabla 2-3 Botones, indicadores y sus funciones, fuente: Elaboración propia	23
Tabla 2-4 Termocupla tipo j	32
<i>Tabla 2-5 Termocupla ganancia 140 , fuente: elaboración propia.....</i>	50
Tabla 2-6 valores de ajuste de los trimers para ganancia. Fuente elaboración propia	74
Tabla 2-7 Trimers a ajustar e IC donde medir el offset	74
Tabla 2-8 Costos de materiales	78

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Ampere	A	$1 \frac{C}{s}$
$^{\circ}C$	Grados Celcius	$^{\circ}C$	$T(K) - 273,15$
F	Frecuencia	F	$\frac{1}{T}$
I	Intensidad o corriente	A	$1 \frac{C}{s}$
R	Resistencia, Homs	Ω	$\frac{V}{I}$
T	Periodo	T	$\frac{1}{F}$
V	Volts	V	$R * I$

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Ω	Homs, Resistencia	Ω	$\frac{V}{I}$
μ	Micro/ Millonecimas	μ	$* 10^{-6}$

Subíndices

Subíndice	Término
-----------	---------

mA	Mili Amperios
----	---------------

mV	Mili Voltios
----	--------------

K	Miles
---	-------

Abreviaturas

Abreviatura	Término
-------------	---------

<i>BGA</i>	Ball Grid Array
------------	-----------------

<i>DIP</i>	Dual In line Package
------------	----------------------

<i>SMD</i>	Surface Mount Device
------------	----------------------

Introducción

En el ámbito tecnológico tanto para mantenimiento, desarrollo y aprendizaje se han utilizado herramientas acordes al desarrollo del mismo, es así que actualmente se requieren herramientas para soldar y desoldar diversos tipos de elementos tanto los clásicos Dip como también los de montaje superficial SMD y BGA, dando como resultado la necesidad de tener dispositivos que garanticen este trabajo con la calidad y seguridad requerida. El uso de soldadura baja en plomo y sin plomo, se refleja en el uso de temperaturas mayores haciendo más difícil el trabajo con herramientas clásicas o llegando a temperaturas en las que puede afectar los elementos a soldar.

Existen diversas herramientas a diferentes costos las cuales ofrecen diferentes funciones para cumplir con esta labor, las más económicas cumplen discretamente la función limitándose en precisión y control de las mismas, no obstante, las de mayor calidad y mejor desempeño son de costo elevado, haciendo que sean poco usadas en los centros de reparación, las más óptimas y de mayor desempeño quedan solo para uso empresarial por su elevado costo.

Por esto que se optó por el diseño y elaboración de una estación de soldado que cumpla con las expectativas planteadas, se decidió por el control de temperatura tanto del caudín, aire caliente, flujo del aire. Todos esos inspeccionados por el sistema de control y potencia, la eficacia de los mismos, variaciones de temperatura, flujo del aire y la relación con la temperatura del mismo, en lo que es importante la temperatura que logra el dispositivo a soldar. El usar una pantalla en la que se visualice el menú y las temperaturas tanto deseada como la real es útil para saber cómo se está comportando la herramienta, además porque en la realización del trabajo de soldado se debe tener en cuenta si la temperatura es muy baja se puede realizar un mal soldado en la placa y si es muy alta deteriora o daña los elementos de la misma.

Para el sistema de control se optó por el uso de microcontrolador del cual se aprovechan sus funciones, practicidad y economía, adicionalmente se asegura la protección contra copia en caso de quererse usar para fines comerciales, El desarrollo de esta estación está proyectada para uso a nivel de reparación y montaje de tarjetas electrónicas, las partes

con que se fabrica son comunes en el mercado , tanto la punta calefactora de cautín como el cañón de aire caliente son suministros de estaciones que hay en el mercado, la etapa de potencia , Control y censado están elaboradas con elementos comunes del mercado electrónico, la fuente de alimentación está basada en una fuente de computador la cual se puede remplazar comúnmente, previas modificaciones requeridas.

Objetivo General

Diseñar y elaborar una estación de soldadura para circuitos de SMD y BGA controlada por microcontrolador con función Ajustable.

Objetivos Específicos

- Determinar el método de control de temperatura del elemento calefactor con el cual se retirarán e instalarán soldaduras.
- Establecer el medio de lectura de la temperatura del circuito o elemento a soldar.
- Crear una interfaz amigable con el usuario para la visualización de las temperaturas y ajustes.
- Implementar un sistema de protección y control de los medios externos e internos en la realización de soldado y uso de la herramienta.

Alcance

En el desarrollo del presente proyecto se aplican conocimientos adquiridos, recursos, métodos de programación usados para realizar los procesos durante las etapas de diseño en el sistema de control de la estación, la cual es útil para realizar soldado y desoldado de elementos SMD y BGA.

Metodología

Por medio del método no experimental con un enfoque mixto se observa el comportamiento de las variables cualitativas y cuantitativas que intervienen en el proceso de soldado para su control, tanto las variables físicas de los elementos a soldar como las térmicas requeridas para realizar la labor de soldado y desoldado.

La selección del método de control para el desarrollo de este proyecto se llevará a cabo con un sistema basado por microcontrolador, realizando control a la etapa de potencia tanto neumática como eléctrica. Para los transductores de temperatura como lo son la punta calefactora de aire caliente y la de cautín se utilizarán las puntas o partes de repuesto que se consiguen en el mercado como repuesto de estaciones comerciales, la sección neumática se recurrirá a la selección de generador de flujo conveniente según las pruebas realizadas.

La lectura de temperatura será por medio de las termocuplas internas de los elementos calefactores previa linealización y adecuación de dichas señales.

Con el uso del display grafico y el microcontrolador se crea la interfaz gráfica idónea para el manejo del equipo.

Se integran métodos de seguridad del sistema por medio la realización de pruebas, estas se hacen por medio de diseño, simulación, montaje, prueba y corrección de errores esto aplicado en el desarrollo de cada etapa. Lo cual se describe a continuación:

- Diseño de la etapa de control abierta a integrar con las etapas subsiguientes
- Determinación de transductores térmicos
- Selección de generador de aire
- Pruebas de flujo de aire vs temperatura del transductor
- Encendido de los transductores por medio de los elementos de potencia requeridos
- Selección y linealización de los sensores de temperatura
- Selección, diseño o adaptación y prueba de la fuente de alimentación.
- Medición, adquisición de los valores térmicos
- Control de parámetros de temperatura
- Control de flujo de aire

- Integración de los parámetros controlados y unificación de los mismos en el sistema
- Pruebas de trabajo en soldado general
- Diseño de circuito impreso del diseño electrónico final
- Diseño de gabinete acorde con los elementos utilizados.
- Montaje de elementos
- Ensamble del prototipo

1. Marco conceptual y teórico

1.1 La integración electrónica

La complejidad y densidad de las placas de circuitos impresos continúan incrementándose cada vez más. Simultáneamente se utilizan cada vez con más frecuencia circuitos integrados de mayor complejidad en estas placas. Los métodos de encapsulado utilizando interconexiones con periféricos como Quad Flat Packs (QFP), Small Outline Integrated Circuits (SOICs), Thin Small Outline Packages (TSOPs), Shrink Small Outline Packages (SSOPs) y Plastic Leaded Chip Carriers (PLCCs), han llegado a sus límites prácticos en la producción a partir de más de 200 pines. Pasando de un encapsulado de periferia lineal para la interconexión a un array bi-dimensional, “es posible realizar más interconexiones en el mismo espacio y con un espaciado mayor comparado con aquellos utilizados en tecnologías de montajes superficiales antiguas”. El Ball Grid Array (BGA) es la implementación más común de este concepto. Sin embargo, todos los encapsulados tienen un problema común: las soldaduras que no están en los bordes del encapsulado están fuera de vista y no pueden ser inspeccionados visualmente para verificar su calidad o confirmar sus defectos. (tecnologiademontajesuperficial, 2017)

Hoy en día, los BGAs y Chip Scale Packages (CSPs) con menos de 100 pines son comunes por su bajo costo y su capacidad de disipar calor. Los BGAs con más de 100 pines son típicos también. El BGA está llegando a ser tan común como el QFP. La mayoría de las placas tienen al menos uno, siendo típico entre 10 a 20 por placa. Hoy un PCB complejo puede tener entre un 25 y 50 por ciento de sus soldaduras en BGAs. Incluso con un proceso de ensamblaje bien caracterizado y controlado, seguro que se producirán defectos de soldadura en los BGAs sin que haya un método de inspección visual disponible. (tecnologiademontajesuperficial, 2017)

Este encapsulado posee unos pines que son con forma de esferas ubicadas por la superficie del dispositivo. Al distribuir de esta manera los pads, aunque se reduce el

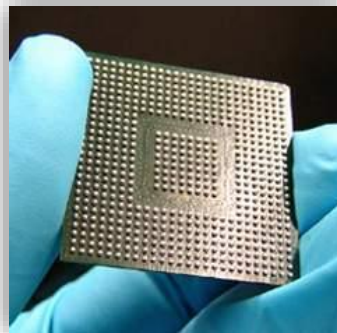
tamaño final del dispositivo, la soldadura deja de ser visible, dificultando el testeo del conjunto. Una gran ventaja que tiene este tipo de encapsulado es la distribución aleatoria que pueden tener los pines de GND y VCC, con lo cual se minimizan problemas de integridad de señal y de suministro de energía.

El BGA es normalmente un componente costoso y a menudo tiene que ser limpiado después de quitarlo de la placa. Existe un riesgo significativo de desechar el montaje entero, por un daño inevitable en la placa PCB.

1.2 Las Soldaduras BGA

En todos los encapsulados BGA una bola de soldadura está unida al encapsulado en cada posición de la rejilla de soldadura (grid). Esta unión se efectúa antes de que se incorpore el IC al encapsulado. Durante el ensamblaje se utilizan pastas para soldar las esferas a la placa. Las esferas de soldadura fundibles (eutéticas) se funden y se fusionan durante el proceso de soldadura con las pastas. Estos encapsulados están normalmente hechos del mismo material que las placas impresas y son los más baratos y populares (Figura 1). Las bolas de soldadura no fundibles (no-eutéticas) están hechas de una aleación que no se funde durante el ensamblaje. La pasta de soldadura suelda estas bolas a la placa. Esta técnica se utiliza muy a menudo en encapsulados cerámicos más caros que requieren un espacio vertical en placa más grande para disponer de un mayor alivio de carga.

Figura 1-1: Chip BGA fuente: (tecnologiademontajesuperficial, 2017)



Por medio de lo expuesto se manifiesta la necesidad de la herramienta que cumpla con las características de temperatura para realizar el soldado de los dispositivos BGA y SMD aplicando aire caliente con control de flujo del mismo y control de temperatura del aire y de los elementos a soldar, el cual se puede realizar por medio del censado de la temperatura del elemento y del aire en la salida de este.

1.3 Tipo de herramientas y estaciones existentes

Existen muchos tipos de herramientas para realizar trabajos desde las más económicas y básicas, pasando por diversas calidades y costos hasta las más profesionales que entregan la mayor calidad y garantizan un excelente trabajo. Por lo general estas herramientas tienen un elevado costo y complejo funcionamiento, tanto para: prestación en servicio técnico, aprendizaje o aficionados les es muy difícil acceder a esta clase de herramientas, lo ideal es tener la mejor prestación del servicio de la herramienta y poder acceder a esta a un costo no tan alto y con la implementación tecnológica para garantizar la seguridad tanto del elemento como de la realización del soldado y del operario del equipo.

2. Desarrollo del Proyecto

Observando las necesidades en el mercado tecnológico en reparación, educación y aficionados; al contrastar con lo que se puede realizar se dispuso a buscar los elementos asequibles tanto a nivel económico como comercial según el área de desarrollo de lo cual se detalla en la descripción general, consta de 5 etapas principales. la sección de control, caudín, aire caliente, zona de censado externo, fuente de alimentación.

2.1 Control

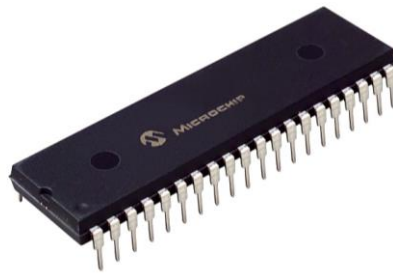
La sección de control está conformada por un microcontrolador basado en un Pic 18f4550 de Microchip, pantalla GLCD de 128 x 64, botonera de control, encoder rotatorio para ajustes.

Como valor agregado en comparación con las estaciones comerciales de costos bajos y moderados es el uso del display gráfico. El software para esta sección se compilo en C con Pic C compiler y simulado en Proteus 7,6, y Multisim 11. El software desarrollado para el manejo y programación de pre ajustes de control de temperatura se hace en el menú visualizado, tanto como los algoritmos usados son prácticos en su sistema en conjunto. Adicionalmente se han escrito códigos usando librerías existentes, así como también se crearon otros para el uso del display y el encoder, además del manejo de la botonera de forma que se puede usar una gran cantidad de botones con menos pines de uso a comparación de los sistemas tradicionales de matrices de teclado y de botones por pin del microcontrolador. La idea es optimizar el uso del microcontrolador al máximo.

A continuación, se hará la descripción de las subsecciones las cuales conforman la programación desde el control del display, teclado, encoder y temperatura.

2.1.1 PIC 18F4550

Figura 2-1: PIC Microchip fuente: (Microchip, 2018)



Este es un Microcontrolador de Microchip con 32K de memoria FLASH, 1K de memoria RAM, 2K de memoria SRAM, y 256 bytes de memoria EEPROM, es Compatible con USB v2.0 SIE, velocidades 1,5 Mb/s y 12 Mb/s. Soporta hasta 32 endpoints (16 bidireccional). ADC de 10bits (13 canales), 4 Timers, PWM, EAUSART, SPI, I2C, SPP, Empaque DIP-40 (Microchip Technology Inc, 2009).

El código para este microcontrolador se escribió en lenguaje C estándar cuyas características de este compilador están:

- *Migra fácilmente entre todos los dispositivos Microchip PIC® MCU*
- *Minimice el tiempo de desarrollo con: controladores periféricos y construcciones C estándar*
- *Flujos de entrada / salida de estilo C++ con formato completo de datos para cualquier dispositivo o para cadenas*
- *Utiliza librerías CCS y código objeto libre de derechos*
- *Funciones convenientes como #bit y #byte permiten colocar variables C en direcciones absolutas*
- *El tipo integral de un bit (Short Int) permite al compilador generar código muy eficiente orientado a Bit*
- *Defina, configure y gestione fácilmente las interrupciones*

(Custom Computers Services inc, 2018)

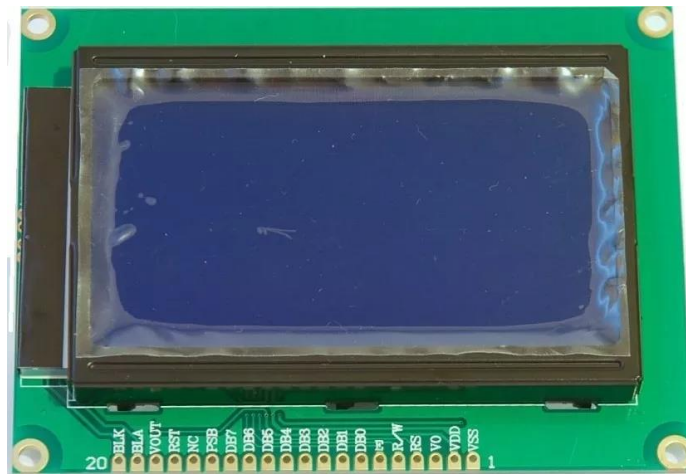
De las características de este microcontrolador se aprovechan su función de reloj interno a 8 MHz y mayor capacidad de memoria de programa a comparación de los seriales 16f xx

por esto se optó por este microcontrolador. La inicialización de las configuraciones se muestra en el (Anexo 1) con los comentarios y la función de cada uno.

En el encabezado del código, es donde se configura el tipo de microcontrolador, los fuses “reloj interno, sin perro guardián, sin reset, se determina la conversión análogo digital a 10 bits, se le define el reloj a 8 Mhz, se llaman las librerías para la GLCD se establecen diversas variables que se usaran a lo largo de todo el código.

2.1.2 Display grafico

*Figura 2-2: Display 128 * 64 fuente: (AliExpress, 2018)*



La pantalla LCD 128 x 64 es una pantalla gráfica, la conexión puede hacerse en paralelo o SPI.

Características:

Rango de Voltaje de Operación: 4.5V o 5.5V

Controlador ST7920

Dimensiones: 93.0 x 70.0 x 13.5 mm

Pantalla LCD: LCD monocromo, gráfico 128x64 pixeles.

Interfaz paralela de 8 bits o modos SPI en serie

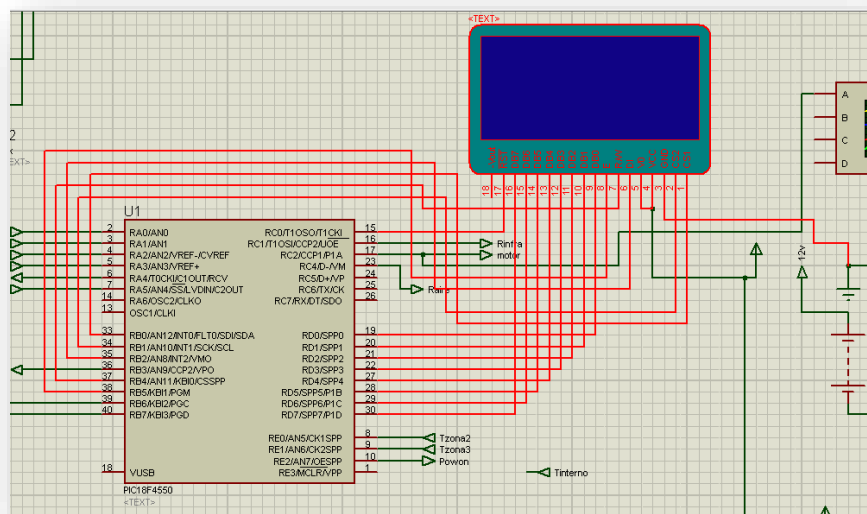
Consumo 220mA con la luz de fondo al 100%

Entrada de datos 0-5v 115200bps (velocidad por defecto, ajustable por software)

(Vishay, 2018)

Para la implementación se hará una conexión paralela de 8 bits conectado al microcontrolador por el puerto D y parte del B, como se muestra en la Figura 2-3

Figura 2-3: Conexión de la GLCD Fuente: Elaboración Propia



En cuanto a la programación para desplegar texto se puede hacer mediante el uso de la librería HDM64GS12.c pre establecida en la inicialización de la programación del microcontrolador los gráficos a la librería graphics.c , con ella se pueden obtener figuras geométricas y líneas de diversos tamaños y rellenas o vacías , para la representación de un logo o imagen gráfica se requiere de un protocolo para escribir los datos requeridos bit

a bit mediante la instrucción de glcd pixel , para hacerlo se configuro captando una imagen y extrayendo su información como mapa de bits y luego almacenándola como una tabla de datos.

Luego de configurar el microcontrolador y establecer las variables requeridas para el código, se establece otra variable de tipo integer de 8 bits por medio de una tabla de datos en la cual se guarda la imagen a mostrar en la pantalla de inicio “128 x 64”, es decir que consta de una tabla de datos para poder construir esta imagen de portada de 128 x 64 bits, (Anexo2).

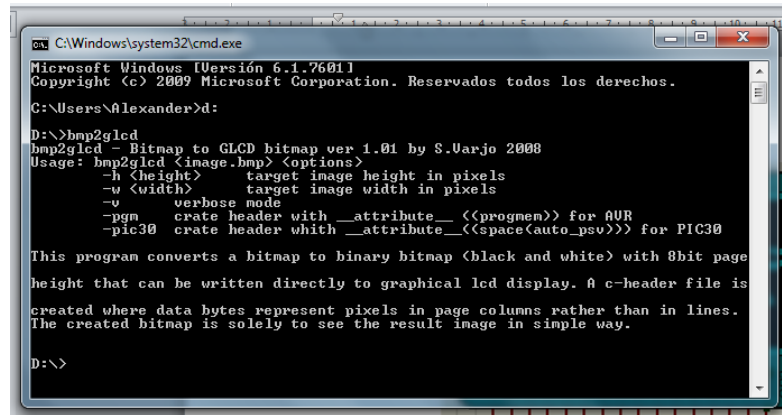
Para obtener el valor de los datos a incluir en esta tabla se genera la imagen deseada en un formato de 64 x 128 bits monocromática sin escala de grises y se extraen los datos por medio de un software, a continuación, se explicará con un ejemplo como hacerlo:

Figura 2-4: Logo Fuente elaboración Propia



- Escoger la imagen a desplegar como la mostrada en la figura 2-4 la cual hay que editarla en tamaño a 128 * 64 con cualquier editor de imágenes
- Con un software llamado bmp2 glcd : Este se abre en símbolo de sistema, se sitúa en la ubicación del archivo y se escribe bmp2glcd nombearchivo.bmp -v (el archivo de imagen debe estar en la misma carpeta que el programa, y de alto 128 y ancho 64 extensión bmp) “Figura 2-5” (bitmap2lcd, 2006)

Figura 2-5: Uso bmp2glcd Fuente elaboración propia



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Alexander>d:

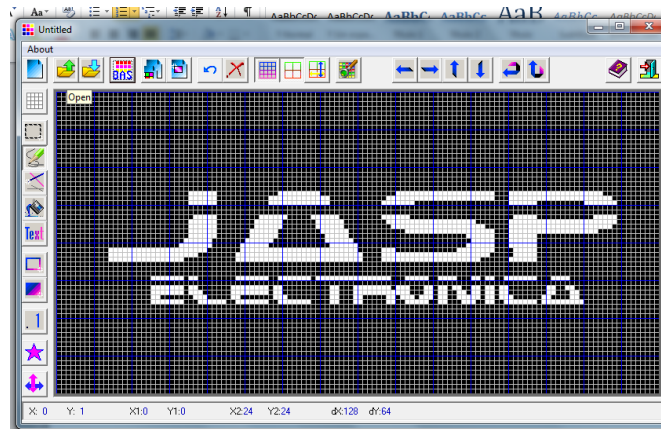
D:\>bmp2glcd
bmp2glcd - Bitmap to GLCD hitmap ver 1.01 by S.Varjo 2008
Usage: bmp2glcd <image.bmp> <options>
        -h <height>      target image height in pixels
        -w <width>       target image width in pixels
        -v               verbose mode
        -pgm             crate header with __attribute__ (<<progmem>>) for AVR
        -pic30           crate header with __attribute__ (<<space(auto_psv)>>) for PIC30

This program converts a bitmap to binary hitmap (black and white) with 8bit page
height that can be written directly to graphical lcd display. A c-header file is
created where data bytes represent pixels in page columns rather than in lines.
The created hitmap is solely to see the result image in simple way.

D:\>
```

- Este genera un archivo de la imagen en bmp en blanco y negro sin escalas de grises apta para el display y un archivo en c que no aplica para este caso la imagen generada hay que girarla 90° con cualquier editor de imágenes, este archivo se abre con otro software llamado fastLCD (domotixx, 2018)

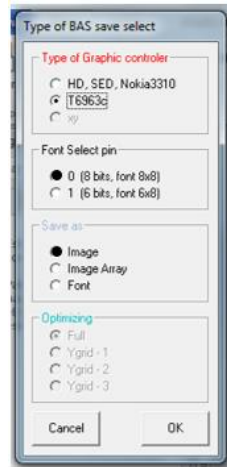
Figura 2-6: Uso de FastLCD Fuente elaboración propia



- En este programa con el símbolo de abrir carpeta se abre el archivo de imagen, se puede editar o hacer lo que se desee, con el icono que dice BAS se exporta al archivo *.bas

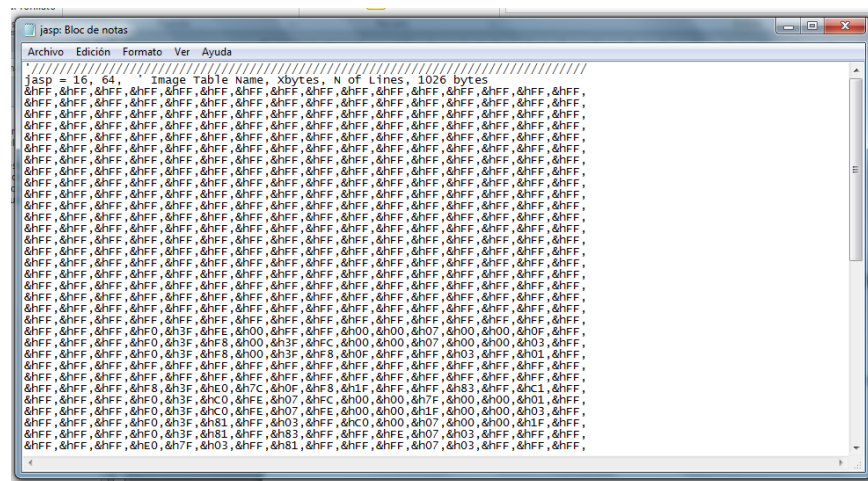
- Se selecciona el tipo de ic que usa la glcd T6963, Font select pin 0, 8bits y abajo como imagen se le da ok y luego se nombra y guarda el archivo

Figura 2-7: Uso FastLCD Fuente: Elaboración Propia



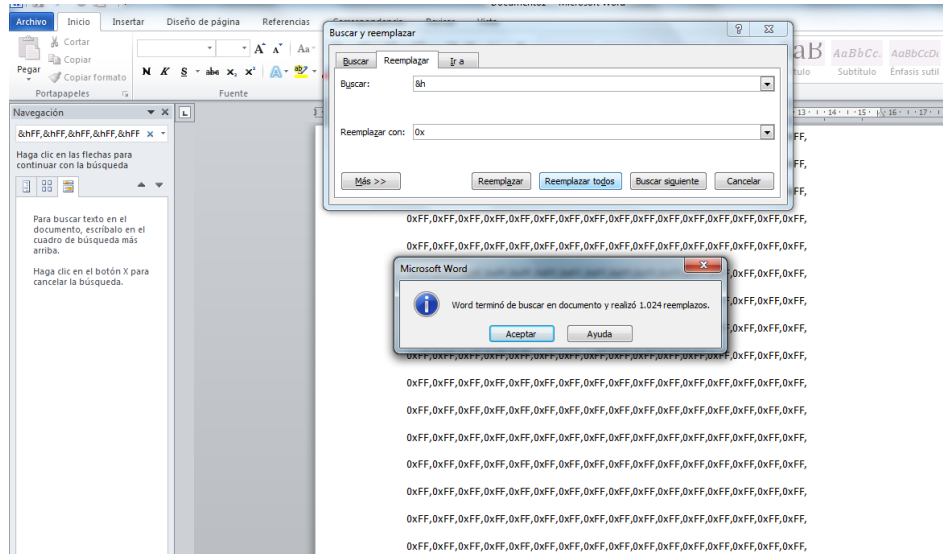
- El archivo creado se puede abrir con el bloc de notas por medio de “abrir como” se verá cómo se ve en la Figura 2-8:

Figura 2-8: Archivo generado Fuente elaboración Propia



Los &h se cambian todos por 0x se puede hacer rápido copiando todo y pegándolo en Word y con la función de remplazar, se escribe que remplace &h por 0x (figura 2-9). Los datos ya corregidos de la imagen se pegan en el código dentro de la tabla de asignación de constantes correspondiente en la rutina de despliegue de imagen.

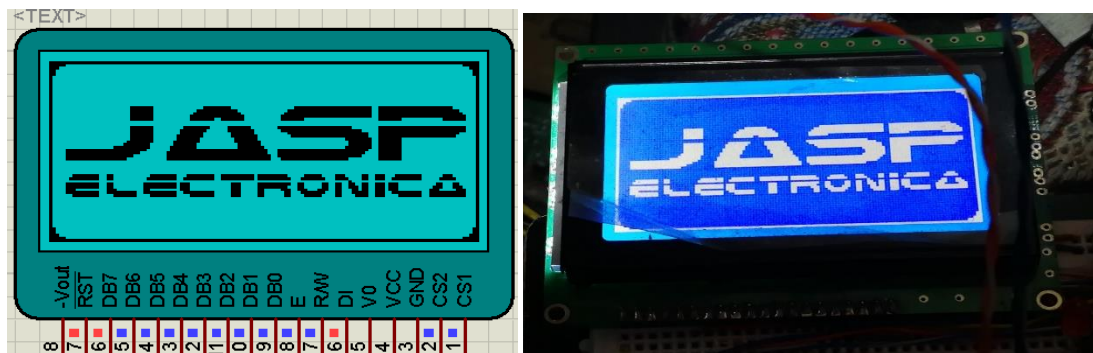
Figura 2-9: Preparación de los datos fuente elaboración propia



Las subrutinas “Void” que genera la imagen para la imagen se muestran en el (Anexo 3)

Estas rutinas se encargan de desplegar los datos que están en las tablas de imagen por medio de los “for” que cargan los datos primero en grupos de 8 bits, bit por bit y luego arma la imagen. La imagen simulada y real se ve en la Figura 2-10;

Figura 2-10 Imagen simulada y real, Fuente elaboración propia



2.1.3 Encoder

Figura 2-11 Encoder, Fuente (Diotronic, s.f.)



Encoder Rotatorio de 24 pulsos por giro, las características técnicas se encuentran en la hoja del fabricante la cual se muestra en la imagen 2-12 para la implementación se usa para incrementar y decrementar los valores de temperatura y programación del sistema.

Figura 2-12 Estados del Encoder Fuente (productwell, 2015)

Specifications(規格)	
Pulses / rotation [分解能]	24
Output Code [輸出代碼]	Phase difference 2 signals
Total rotational angle [回轉角度]	360°
Rotational life [回轉壽命]	More than 10,000 cycles
OUTPUT SIGNAL 輸出信號	
[The broken line shows detent position of with detent type 圖中虛線表示子點位置]	
<div><div><div>CW 順時針方向</div><div><div>A 信號</div><div>OFF</div><div>ON</div><div>B 信號</div><div>OFF</div><div>ON</div></div></div><div><div>CCW 逆時針方向</div><div><div>A 信號</div><div>OFF</div><div>ON</div><div>B 信號</div><div>OFF</div><div>ON</div></div></div></div>	
<div>Http://www.productwell.com E-Mail: pwlhk@productwell.com Tel: (852)2687 3208 Fax: (852)2687 3336</div>	

Al no haber una librería directa para su manejo, se realizó el código en una rutina dentro de un “Void” específico basándose en las especificaciones de giro en ambos sentidos, usando la tabla de datos:

Tabla 2-1 Datos del Encoder, Fuente elaboración propia

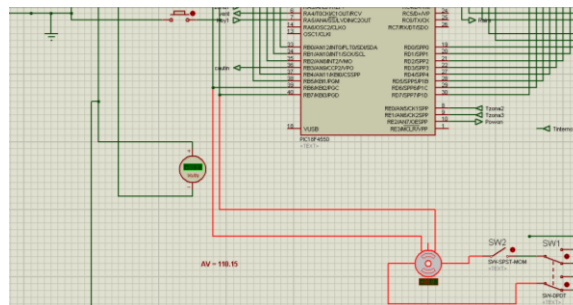
ENCODER				
Sentido de giro	CW		CCW	
Pines de salida	B7	B6	B7	B6
DATOS	0	0	0	0
	0	1	1	0
	1	1	1	1
	1	0	0	1

Siguiendo esta secuencia se creó el código dentro de un “Void” para usarlo cuando se requiera dentro del código principal. (Anexo 4).

La función delay encoder se creó para dar el retardo y sensibilidad del encoder, el estado si es incremento, el dato o decremento se guarda en la variable ENCODER con el estado 0x01 para incremento y 0x02 para decremento cuando se lea el estado se debe borrar esta variable

Con este código se conecta el encoder por los puertos B6 y B7, en la simulación al no encontrarse dentro del Proteus se requiere para realizar la simulación se remplazó por un motor encoder y solo se adicionan para fines de la simulación los switches para accionar el movimiento de este encoder. (figura 2-13).

Figura 2-13 Simulación del encoder, Fuente: elaboración propia



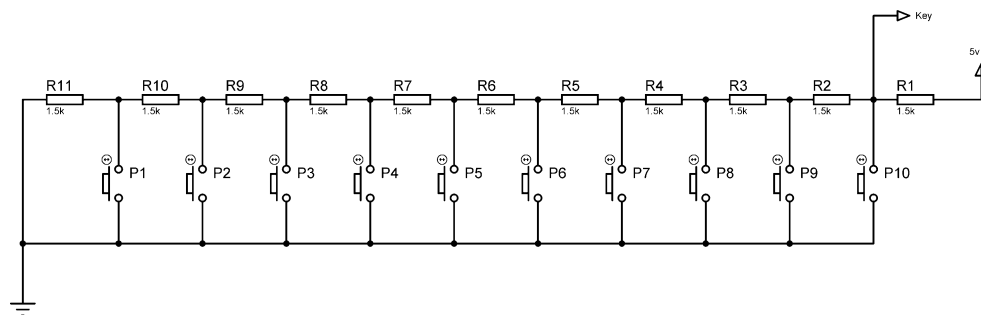
2.1.4 Botonera

La Botonera consta de pulsadores con los cuales se puede encender y apagar la unidad, tanto como darle, cancelar, seleccionar, atrás o adelante dentro del menú que se despliegue en la pantalla, si se está en configuración o lo que se requiera para el manejo del equipo. Cuando se desarrolló el diseño se pensó en un número indeterminado de botones, es así que para poder realizar el diseño y no dejar pines del microcontrolador desperdiciados con pulsadores que probablemente se usen o no. Se determinó hacer uso de un sistema de botonera diferente a los comúnmente usados, normalmente se usan bien sea un pulsador por pin o teclados de forma matricial para poder economizar pines de contacto en este caso se creó un sistema en el que con un pin se puede conectar hasta 10 botones o más, a continuación, se describe el funcionamiento:

Se utiliza la entrada del el conversor análogo digital del microcontrolador , se conectan los pulsadores a un circuito de resistencias en serie de manera que cada pulsador al oprimirlo generará un divisor de voltaje diverso para cada uno y así por medio del código en el microcontrolador se puede saber según la tensión medida que pulsador se oprimió, para no depender de resistencias de precisión y en los casos reales de aplicación se tomó en cuenta la tolerancia de los resistores , fuente, deterioro normal del pulsador y se determinó que por pin se pueden conectar 10 pulsadores si se desearan más por pin se requeriría resistencias de precisión.

En el diagrama representado en la imagen 2-14 se muestra el circuito descrito

Figura 2-14 Diagrama de la botonera fuente elaboración propia



Para determinar el valor del voltaje a medir el punto nombrado key el cual será conectado a la entrada del conversor análogo digital del microcontrolador, el valor de la tención esta dado por:

$$V_k = \frac{R_t}{R_1 + R_t} * V_{in} \quad (2-1)$$

Donde R_t equivale a la resistencia equivalente a la serie conformada por pulsador oprimido, de manera tal que al no oprimir ninguno o al oprimir uno a uno se obtienen los siguientes voltajes:

Tabla 2-2 Voltajes según el pulsador oprimido fuente: elaboración propia

No de Pulsador	$R_t \Omega$	V_k
Ninguno	15k	4,54v
P1	13,5K	4,5v
P2	12K	4,44v
P3	10,5K	4,37v
P4	9K	4,28v
P5	7,5K	4,16v
P6	6K	4v
P7	4,5K	3,75v
P8	3K	3,33v
P9	1,5K	2,5v
P10	0	0v

El código escrito para la rutina de la botonera se escribió de para configurar el puerto digital análogo el valor leído se convierte a un valor en milivoltios

Para calcular el voltaje en mV se toma el valor leído por el conversor y se multiplica por una constante calculada:

$$\frac{V_{max}}{2^{10}} \quad (2-2)$$

Donde V_{max} equivale a 5v y se divide por la resolución del conversor que es de 10 bits:

$$\frac{5v}{1024} = 0,00488$$

Como se desea el valor en mV se calculó:

$$\frac{5000mv}{1024} = 4,88$$

Donde $4,88\text{ mV}$ es el valor a multiplicar por el leído en el conversor, para aplicar esto al código y según los tipos de variables asignadas el algoritmo se aprecia en la ecuación (2-3).

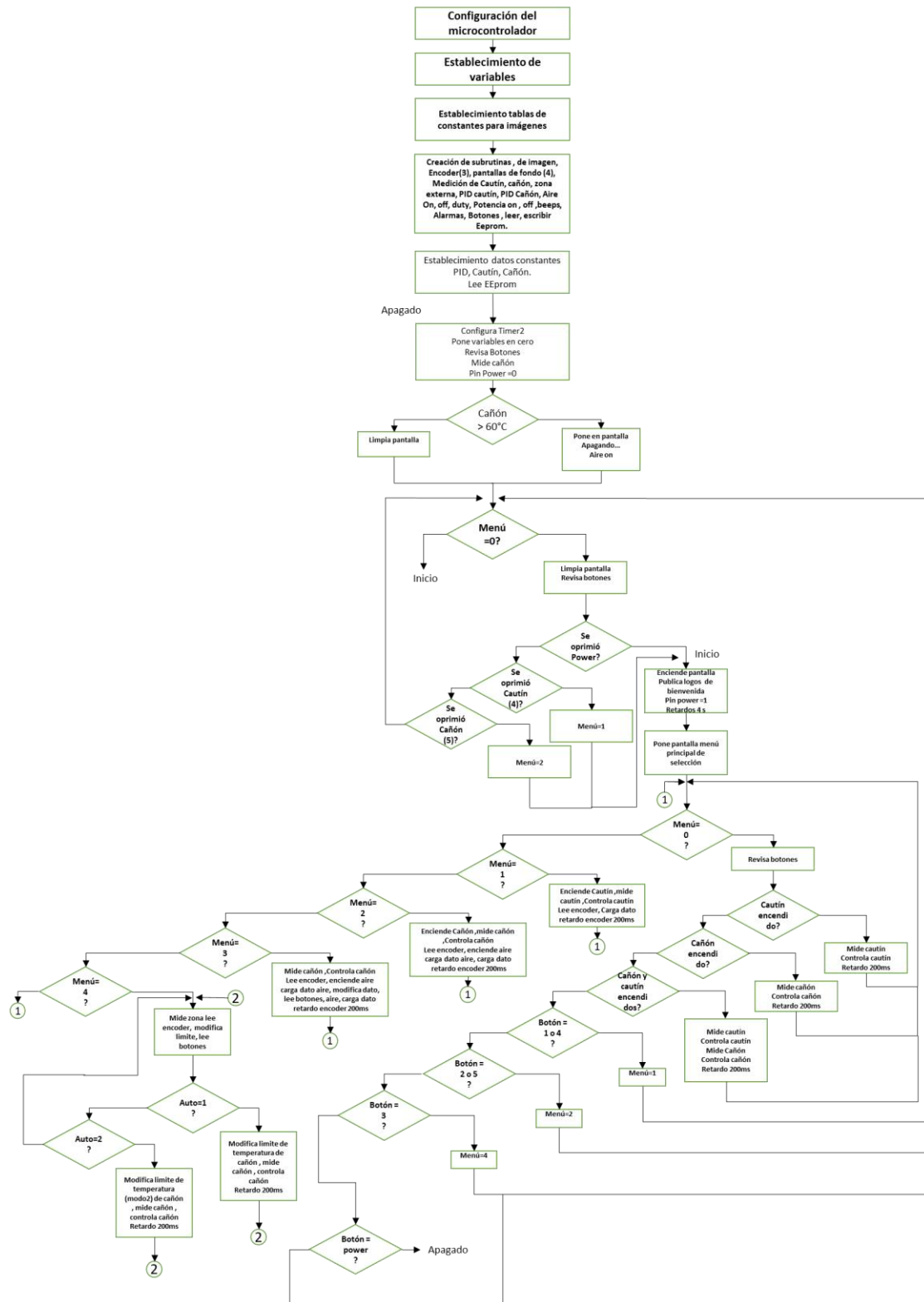
$$\frac{\text{Valor leído en el conversor} * 488}{100} = \text{voltaje leído en mv} \quad (2-3)$$

Este código se encarga de leer el voltaje y guarda dentro de una variable el botón que detecta oprimido según los valores de la tabla 1 se establecen los rangos de voltaje para detectar cada botón, este se escribe en un Void para usar esta rutina cuando se requiera: (Anexo 5)

2.1.5 Programa Principal

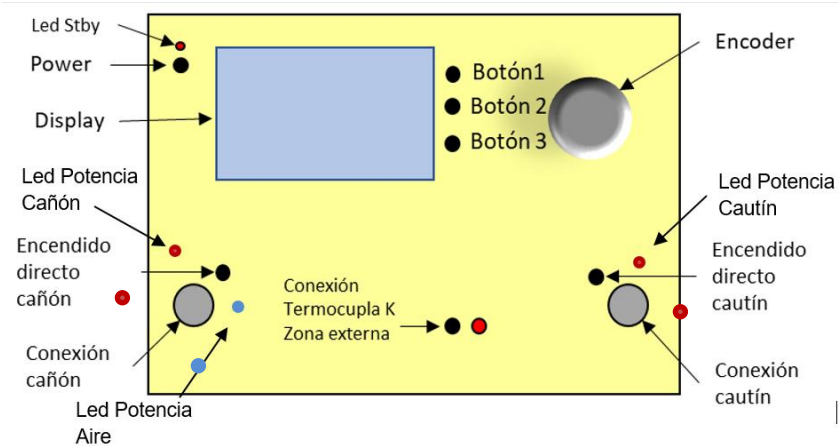
Este es el encargado de administrar las subrutinas o Void creados para cada función en él se testea constantemente el encoder y los botones para saber si el usuario oprime alguna tecla y así ejecutar las ordenes o cambios solicitados. en la siguiente figura (2-15) se representa el diagrama de flujo de este programa.

Figura 2-15 Diagrama de flujo Programa principal, fuente: Elaboración propia



En general se inicia el microcontrolador, se establecen las variables, timer2 para el p.m., se lee la EEprom y se cargan las variables correspondientes con los datos de esta queda en espera de ser encendido, la distribución y funciones están dadas para ser de la siguiente forma:

Figura 2-16 Distribución general de los elementos principales, fuente: Elaboración propia



Las funciones de los botones y elementos están en la siguiente tabla:

Tabla 2-3 Botones, indicadores y sus funciones, fuente: Elaboración propia

Elemento	Función
Botón de Power	Enciende y apaga la unidad
Led de Stby	Se enciende mientras está apagado
Display	Muestra logos, menús, temperaturas, funciones
Botón 1	Para acceder al aviso que queda frente a él en el display: Menú cautín, regresar al menú anterior con la función activa.
Botón 2	Para acceder al aviso que queda frente a él en el display: Menú cañón, Ingresar al menú de ajuste de aire, modos automáticos :1, 2, off.
Botón 3	Para acceder al aviso que queda frente a él en el display: Desactiva: Cautín, cañón regresa al menú inicial.

Encoder	Rotatorio para cambiar datos, incremento y decremento de temperatura en cautín, cañón, ajuste de flujo de aire.
Encendido directo del cañón	Enciende cañón directo desde apagado o menú principal
LED Potencia Cañón	Indica si hay potencia hacia el cañón su brillo es proporcional a la energía entregada
LED Potencia Aire	Indica si hay potencia hacia la turbina de aire, es proporcional a la energía entregada.
Encendido directo del cautín	Enciende cautín directo desde apagado o menú principal
LED Potencia Cautín	Indica si hay potencia hacia el cautín su brillo es proporcional a la energía entregada

Al oprimir el botón de encendido se apaga el led de stby, se enciende la fuente de poder en su voltaje se +12 y -12, se despliegan en pantalla el logo de JASP ELECTRONICA¹, el de UNAD² y el de Estación de soldadura electrónica, luego queda en la pantalla principal de modos de funciones:

Figura 2-17 Pantallas de inicio, fuente: Elaboración propia



¹ Marca registrada e iniciales del desarrollador del Proyecto Jhon Alexander Suescún Pinto

² Iniciales: Universidad Abierta a Distancia

En menú 1 o de caudín se opera el caudín, la temperatura deseada y visualiza la real medida:

Figura 2-18 Menú caudín, fuente: Elaboración propia



En menú 2 se opera el cañón, la temperatura deseada y visualiza la real, se puede acceder a ajuste de aire menú 3.

Figura 2-19 Menú 2 Cañón y Menú 3 Ajuste de aire.



En el menú principal si están activos caudín o aire o juntos se puede visualizar los preset de estos mismos:

Figura 2-20 Pantalla principal con cautiñ y cañón activados, fuente: Elaboración propia



En el menú 4 (Mas→) se puede ver la zona externa y activar los modos automáticos:

Figura 2-21 Menú Zona externa, fuente: Elaboración propia



Al apagar el dispositivo se apagan todas las funciones y la fuente de poder solo quedando activo el standby (si el cañón se encuentra caliente no se apaga inmediatamente, solo hasta que baje la temperatura a menos de 70°C mantiene el aire activo para ayudar a reducir la temperatura, esto por fines de seguridad por ser el de mayor tamaño a alta temperatura, luego de constatar que bajo se apaga, entretanto aparece en pantalla apagando...).

Figura 2-22 Pantalla apagando, fuente: Elaboración propia



2.2 Cautín

La estación consta de dos elementos calefactores comunes actualmente para realizar el soldado, cautín, y cañón de aire caliente, controlando la temperatura para el cautín y el flujo del aire y temperatura para la sección de aire caliente, la importancia del control de la temperatura de la sección de cautín se realiza en lazo cerrado por, medio de termocupla tipo J que se encuentra dentro del mismo cautín (figura 2-23).

Figura 2-23 *Cautín 24v termocupla interna fuente* (B2Bcolombia EU, 2018)



El tipo de termocupla es J (determinada por medios experimentales) la cual se utiliza para realizar el control de la temperatura por medio del sistema microcontrolador y la implementación de la señal para el mismo control.

2.2.1 Medición de la Temperatura

Para realizar esta medición se toma la señal de la termocupla tipo J;

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría,

se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre.

Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo. (Spectris Company, 2003-2018)

En el caso de la tipo J es una unión de Hierro Constantán la cual genera unos voltajes que van desde los -7.89mv a -220°C hasta 42.83mv a 750 °C, para los fines prácticos y niveles de temperatura usados en este diseño , se tomó el rango de uso desde los 0 °C hasta los 750 grados para usarlo en una tabla y graficar su curva la cual no es lineal lo que indica que hay que linealizarla para poder procesar esta información.

Si bien existen circuitos integrados en el comercio que realizan la función de linealizar , compensar y amplificar la señal de la termocupla y entregan temperaturas al niveles como 10mv por grado , uno de estos es el AD595 de Analog Devices *no se optó por el uso de este circuito por ser de difícil obtención y alto costo, de la información técnica de este dispositivo se obtuvieron las tablas con los valores técnicos de la termocupla tipo J* (Analog Devices)

Acondicionamiento de la señal

Para acondicionar la señal se usó un amplificador operacional de instrumentación AD620, al cual se le ajusta su ganancia por medio de un reóstato de precisión y la referencia de offset por medio de un seguidor no inversor con ¼ de un LF347 (Texas Instruments, 1999), La ganancia del AO de instrumentación se determinó en 169 para obtener así a 540°C 5 v a la salida, teniendo así la temperatura máxima a medir, el valor de Rg para la ganancia del operacional está dada :

Ganancia del A.O AD620:

$$G = \frac{49,4K}{R_g + 1}$$

Despejando R_g

$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{G - 1}$$

Reemplazando:

$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{169 - 1}$$

$$\mathbf{R_g = 294\Omega}$$

(2-4)

Como el valor de R_g no es uno comercial se usa el paralelo de R_2 y el reóstato para realizar el ajuste de dicha ganancia Figura 2-16.

Para el valor de la referencia que se introduce al AO por el pin 5 , ya que se desea que este no sea de niveles altos se asegura por medio de los divisores de tensión conformados por R_5 y R_3 , así como R_6 y R_4 para una tensión de entrada de 12v tenemos:

Del divisor de voltaje 1:

$$V_o = \frac{R_3}{R_5 + R_3} V_{in}$$

Remplazando:

$$V_o = \frac{100\Omega}{22K\Omega + 100\Omega} * 12v$$

$$\mathbf{V_o = 54,29mV}$$

(2-5)

Y para -12v Del divisor de voltaje 2:

$$V_o = \frac{R_3}{R_5 + R_3} V_{in}$$

$$V_o = \frac{100\Omega}{22K\Omega + 100\Omega} * -12v$$

$$V_o = -54,29mV$$

(2-6)

Con esto se obtiene que la referencia será entre -54mv y 54mv , El ajuste se realiza en el montaje hecho , cortocircuitando los pines de la termocupla y midiendo a la salida del operacional de instrumentación un valor de cero , el Zener 5,1 que se coloca a la salida del operacional es con el fin de proteger la entrada del microcontrolador la cual solo soporta valores de 0 a 5v y al realizar ajustes del circuito o conexión de la termocupla con el circuito encendido podrían presentarse valores negativos en la salida del operacional o valores superiores a los 5v así se limita y protege la entrada el microcontrolador en rangos de los -0,7v y los 5,1v.

El condensador C1 esta para filtrar las señales con periodos inferiores a 10ms como el sistema es de temperatura esta no presentara cambios tan drásticos en periodos menores así se evita el ruido presente en la termocupla por señales o interferencias externas

El valor de este se determinó con el cálculo de la resistencia estándar interna de un AO:

El periodo de la señal de corte está dado por:

$$T = 2\pi . C . R$$

$$C = \frac{T}{2\pi . R}$$

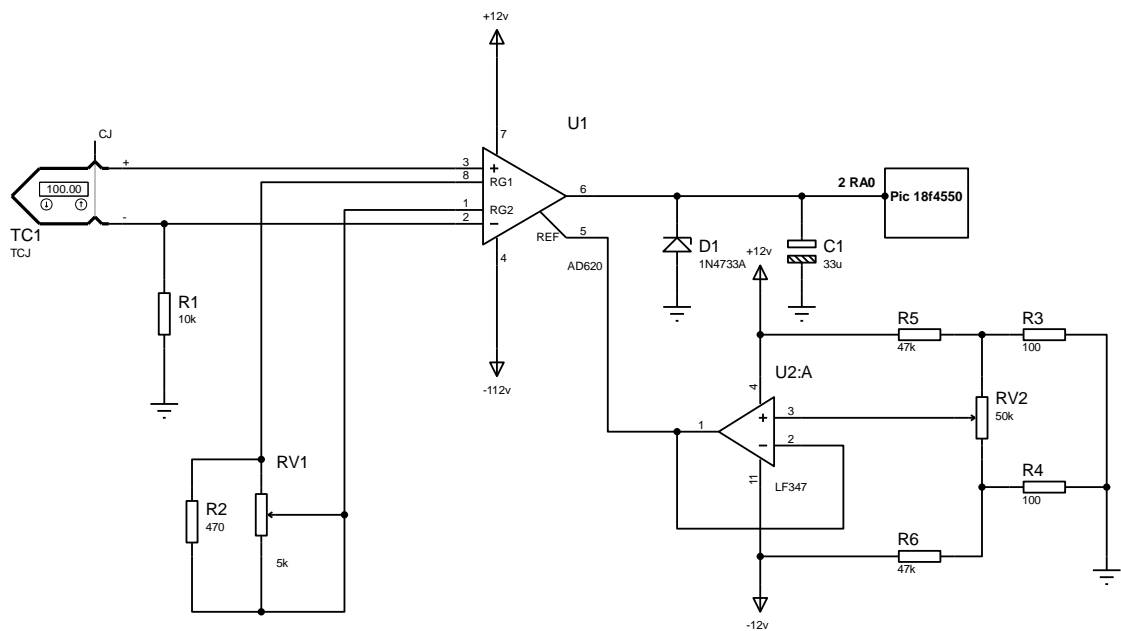
$$C = \frac{10ms}{2\pi . 47\Omega}$$

$$C = 33,8\mu F$$

(2-7)

Esta señal del Operacional de instrumentación se envía al pin 2 del Microcontrolador el cual es la entrada al conversor análogo digital canal cero en este se realiza la conversión a tensión, y se linealiza la señal para obtener así la temperatura.

Figura 2-24 Esquemático adecuación de la señal Fuente elaboración propia



Conversión AD y linealización

La señal que entra al microcontrolador por el puerto RA0 pin 2 se convierte a digital con una resolución de 10 bits. El código escrito para hacer la conversión se realizó dentro de una función "Void" (Anexo 6):

En este código esta la conversión a voltaje para obtenerlo en mV se toma el valor capturado en este caso para un máximo de 5v es 1024 y se multiplica por 48,828 o como se hace en

este caso en el que se multiplica por 48828 y luego se divide en 10000, así se obtienen 4999 mV.

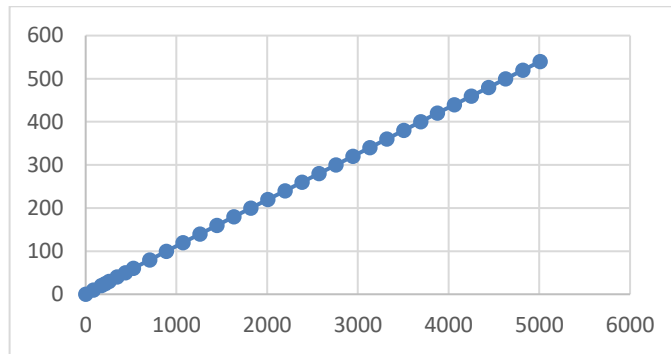
Como la termocupla no es lineal se graficó su curva y se extrajo una ecuación polinómica en Excel se tomaron los datos para la termocupla y se multiplico por la ganancia del AO obteniendo así los datos en mV para la conversión:

Tabla 2-4 Termocupla tipo j

Voltaje en mV Ganancia 169	Temperatura
0	0
85,683	10
172,211	20
215,813	25
259,584	30
347,802	40
436,865	50
526,435	60
707,434	80
890,292	100
1074,671	120
1260,233	140
1446,64	160
1633,723	180
1821,313	200
2008,903	220
2196,662	240
2384,252	260
2571,673	280
2758,925	300
2946,008	320
3132,753	340
3319,16	360
3505,567	380
3691,974	400
3878,381	420
4065,126	440
4252,209	460
4439,968	480
4628,572	500
4818,359	520
5009,498	540

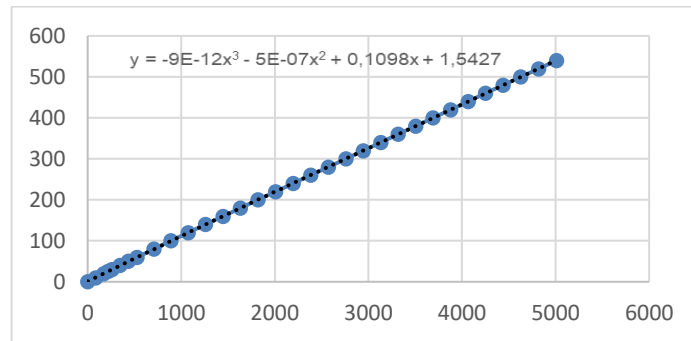
Al graficar estos datos se obtuvo la siguiente grafica

Figura 2-25 curva termocupla graficada



Al insertar una línea de tendencia que se ajuste con la pequeña curvatura de esta grafica ,se uso la línea de tendencia polinómica de grado 3:

Figura 2-26 termocupla con línea de tendencia



Con la ecuación polinómica obtenida se puede hallar los valores de temperatura equivalentes de manera que al aplicar esta ecuación se halla la temperatura según el voltaje de entrada siendo así muy similar a la tabla, a diferencia si se tomase un valor constante por el cual multiplicar el error es notable³, gracias a esta ecuación se puede obtener valores de temperatura óptimos.

$$y = -9^{-12}x^3 - 5^{-7}x^2 + 0,1098x + 1,5427$$

(2-8)

³ Comparación realizada experimentalmente en el simulador se observó mayor precisión con la linealización de la curva polinómica.

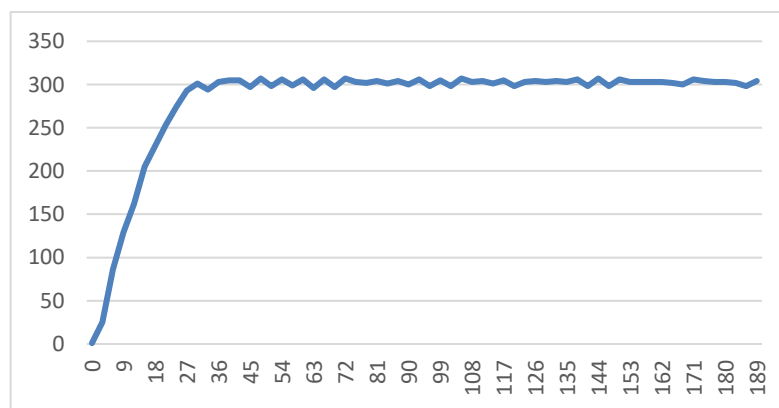
Donde y es la temperatura, x es el voltaje en mV tomado, para aplicar esta ecuación dentro del código se optó por usar las variables tipo flotantes, la manera en que se aplica la formula multiplicando por enteros y dividiendo por enteros se optó por ser en la que se obtenía el valor más preciso por último se pasó a una variable entera de 16 bits para usarla en otras rutinas, el dato se publica en la pantalla grafica cada 6 mediciones siempre y cuando haya un cambio en la temperatura y no se use el encoder.

2.2.2 Control de la temperatura del Cautín

Para determinar el tipo de control de temperatura inicialmente se optó por un control tipo on-off, se analizó su comportamiento en la temperatura respecto al tiempo, junto al trabajo utilizándolo y observando experimentalmente su comportamiento⁴.

Por las observaciones para la aplicación trabajando con el su comportamiento es óptimo, ya en el análisis del comportamiento de la temperatura respecto al tiempo se observó la inestabilidad constante con un error de 2 a 6 grados por encima y por debajo de la temperatura deseada, esto se aprecia en la gráfica de la Figura 2-27.

Figura 2-27 Grafica de temperatura vs tiempo control on off



⁴ Experimentación con montaje real y tomando nota de la temperatura respecto al tiempo cada 3 segundos

Si bien este tipo de control es útil para el fin requerido con el cautín se optó por implementar un control de temperatura de más calidad buscando obtener una mayor estabilidad en la temperatura, a continuación, se describe el diseño e implementación del control PID para temperatura.

Control PID

Para realizar este diseño se tomó como guía lo estipulado en el siguiente extracto del libro *Compilador C CCS y Simulador Proteus Microcontroladores PIC* de Eduardo García Breijo. (pág. 153 a 155)

Uno de los controles más comunes que se utilizan en control de temperatura es el PID (Proporcional-Integral-Derivada). Sin entrar en teoría de control se puede indicar que un controlador PID responde a la siguiente ecuación: (Breijo, 2008)

$$u(t) = k_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + k_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2-9)$$

donde $e(t)$ es el error de la señal y $u(t)$ es la entrada de control del proceso K_p es la ganancia proporcional, T_i es la constante de tiempo integral y T_d es la constante de tiempo derivativa. (Breijo, 2008)

En el dominio s , el control PID se puede escribir como:

$$U(s) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] E(s) \quad (2-10)$$

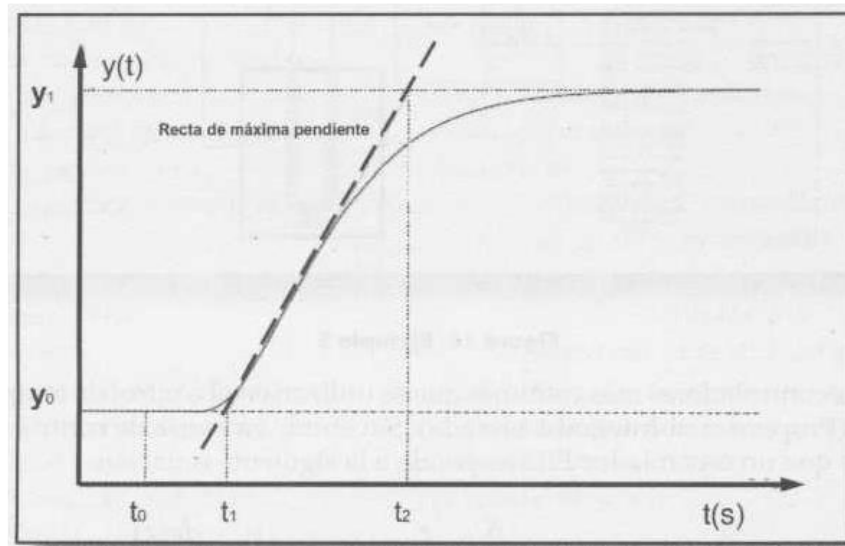
Un controlador PID tiene tres parámetros (k_p, T_i, T_d) los cuales interactúan unos con otros y su ajuste para obtener el mejor control puede ser muy complicado. (Breijo, 2008)

Ziegler/Nichols sugirieron valores para los parámetros del control PID basados en análisis de lazo abierto y lazo cerrado del proceso a controlar. En lazo abierto, muchos procesos pueden definirse según la siguiente función de transferencia: (Breijo, 2008)

$$G(s) = \frac{k_0 \cdot e^{st_0}}{1 + sy_0} \quad (2-11)$$

Donde los parámetros k_0 , t_0 , y_0 se obtienen de la respuesta del sistema en lazo abierto a una entrada escalón. Se parte del sistema estabilizado en $y(t)=y_0$ para $u(t)=u_0$, se aplica una entrada escalón de u_0 a u_1 (el salto debe estar entre un 10 y un 20 % del valor nominal) y se registra la respuesta de la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación. (Breijo, 2008)

Figura 2-28 Curva de ejemplo de sintonización del PID fuente: (Breijo, 2008)



Los parámetros se puede obtener la respuesta:

$$\tau_0 = t_1 - t_0$$

$$y_0 = t_2 - t_1$$

$$k_0 = \frac{y_1 - y_0}{u_1 - u_0}$$

(2-12)

Según Zigler/Nichols , las relaciones de estos coeficientes con los parámetros del controlador son:

$$K_p = \frac{1,2 * y_0}{K_0 * \tau_0} \quad T_i = 2 * \tau_0 \quad T_d = 0,5 * \tau_0$$

(2-13)

La realización de un control PID discreto viene dado por la transformada Z:

$$U(z) = E(z)K_p \left[1 + \frac{T}{T_i(1 - z^{-1})} + T_d \frac{(1 - z^{-1})}{T} \right]$$

(2-14)

también:

$$\frac{U(z)}{E(z)} = a + \frac{b}{1 - z^{-1}} + c(1 - z^{-1})$$

(2-15)

Donde:

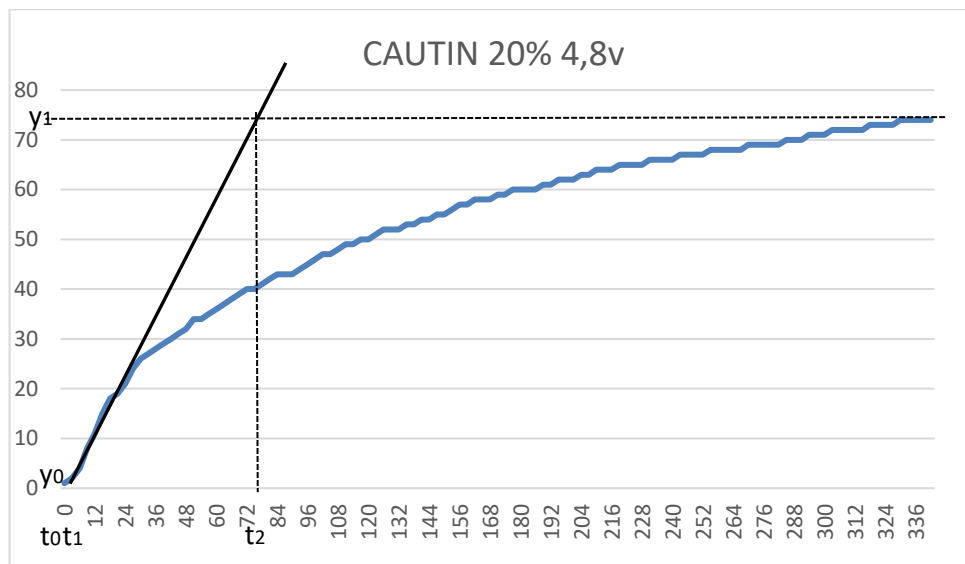
$$a = K_p \quad b = \frac{K_p * T}{T_i} \quad c = \frac{K_p * T_d}{T}$$

(2-16)

(Breijo, 2008).

Con base en esta información se procede a determinar los parámetros para el PID para el desarrollo del control en paralelo, para hallar T_0 , k_0 , t_0 se estableció para el caudín un valor de potencia al 20%, como el voltaje de alimentación de este es de 24v dc se determinó en 4,8v, se conectó y se tomó lectura de la temperatura respecto al tiempo y se obtuvo la siguiente gráfica (*t en segundos y temperatura en grados centígrados*):

Figura 2-29 Temperatura cautín al 20% 4,8V



Con estos datos se tomaron los valores de:

$$t_0 = 1 \quad t_1 = 2 \quad t_2 = 78$$

(2-17)

$$y_0 = 2 \quad y_1 = 74$$

(2-18)

$$U_0 = 0 \quad U_1 = 4,8$$

(2-19)

De manera que:

$$T_0 = t_1 - t_0$$

$$T_0 = 2 - 1$$

$$\mathbf{T_0 = 1}$$

(2-20)

$$Y_0 = t_2 - t_1$$

$$Y_0 = 78 - 2$$

$$Y_0 = 76$$

(2-21)

$$K_0 = \frac{y_1 - y_0}{U_1 - U_0}$$

$$K_0 = \frac{74 - 2}{4,8 - 0}$$

$$K_0 = 15$$

(2-22)

Ahora Según Zigler/Nichols , las relaciones de estos coeficientes con los parámetros del controlador son:

$$K_p = \frac{1,2 * y_0}{K_0 * \tau_0} \quad T_i = 2 * \tau_0 \quad T_d = 0,5 * \tau_0$$

(2-23)

El parámetro proporcional será:

$$K_p = \frac{1,2 * 76}{15 * 1} = 6,08$$

$$K_p = 6,08$$

(2-24)

El parámetro integral será:

$$T_i = 2 * 1$$

$$T_i = 2$$

(2-25)

El parámetro derivativo será:

$$T_d = 0,5 * 1$$

$$\mathbf{T_d = 0,5}$$

(2-26)

Ahora para hallar los parámetros según Ziegler/nichols para un periodo de muestreo inferior a $\frac{1}{4}$ del periodo de restablecimiento, se tomó un $T = 200\text{ms}$, con periodos menores se observó inestabilidad por la lenta reacción de la resistencia calefactora a los sobre impulsos del sistema de control, a este periodo se obtuvo mejores resultados, tomando este periodo se obtuvieron los parámetros a, b, c:

$$a = K_p \quad b = \frac{K_p * T}{T_i} \quad c = \frac{K_p * T_d}{T}$$

(2-27)

$$\mathbf{a = 6,08}$$

(2-28)

$$b = \frac{6,08 * 0,2}{2}$$

$$\mathbf{b = 0,608}$$

(2-29)

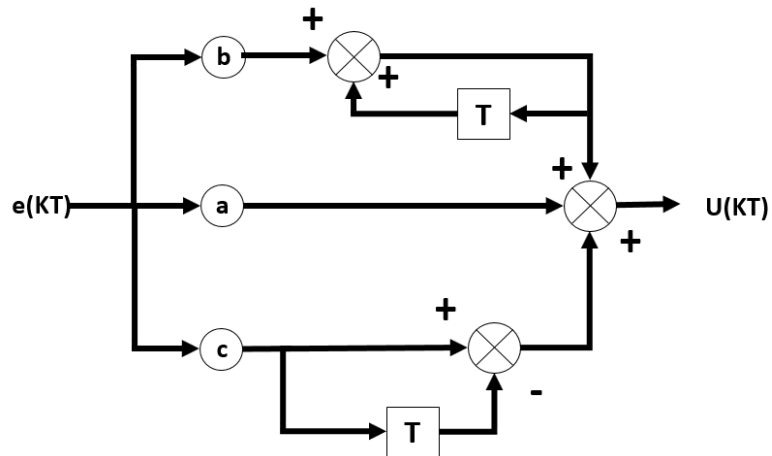
$$c = \frac{6,08 * 0,5}{0,2}$$

$$\mathbf{c = 15,2}$$

(2-30)

La implementación del sistema de control se realiza en paralelo:

Figura 2-30 Control en paralelo, Fuente: elaboración propia



Con este diseño se realiza la inclusión de los datos con el siguiente algoritmo:

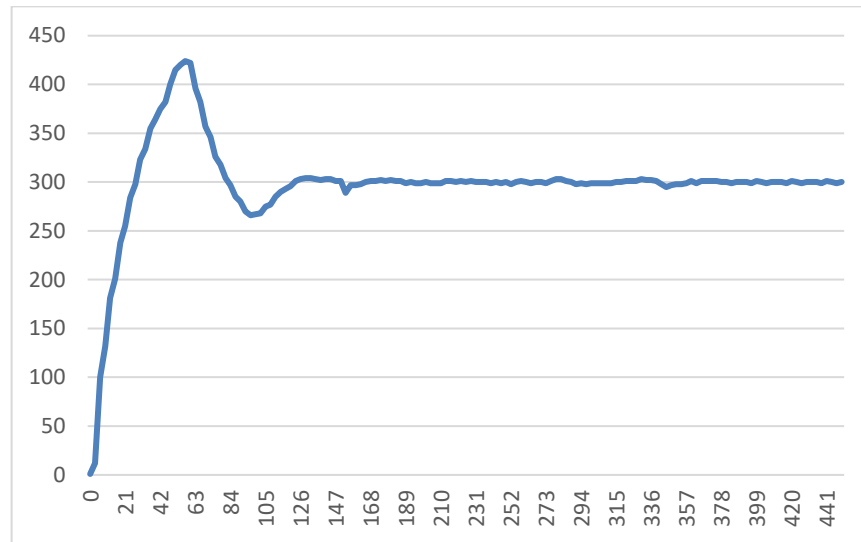
- Se lee la temperatura ($yT = \text{Tempcautin}$)
- Se establece la deseada ($rT = \text{temp_limit_c}$)
- Se calcula el error de temperatura ($et = rT - yT$)
- Se calcula el termino integral ($iT = b * eT + iT0$)
- Se calcula el termino derivativo ($dT = c * (eT - eT0)$)
- Se calcula la salida PID ($uT = iT + a * eT + dT$)
- Se envía uT al pwm sin exceder los limites que tolera el pwm
- Se guardan los valores anteriores de error e integral $iT0$, $eT0$.

Esto se escribe dentro de un "Void" Anexo7 para ser llamado dentro del código principal al cual se le pre establecen las constantes a,b,c según los cálculos encontrados.

El código de esta rutina, se tomó en parte de: (Breijo, 2008)

Con este código se obtuvo la siguiente grafica con el análisis de la temperatura respecto al tiempo:

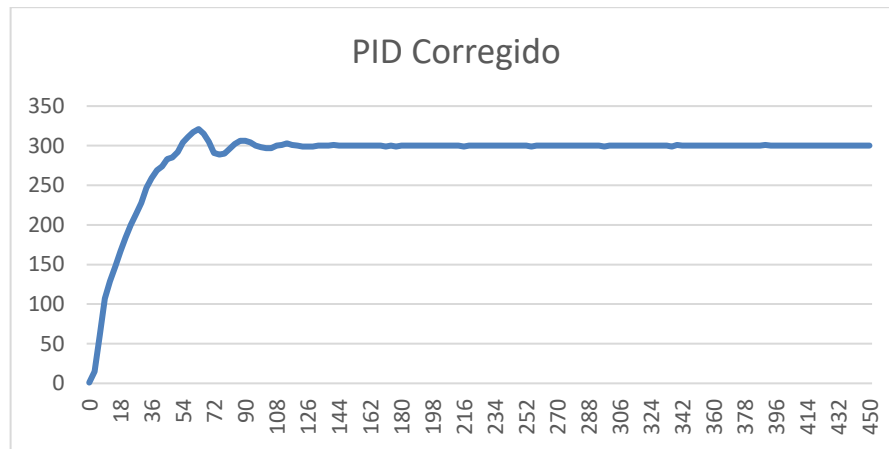
Figura 2-31 Comportamiento real graficado PID, Fuente elaboración propia



Si bien se obtiene una gran estabilidad en la temperatura , cuando se viene un gran cambio en la misma se observa la repuesta al impulso sobre excitada, en este caso se pasó hasta por 130 grados de la temperatura deseada , es un problema común por la acumulación dentro del integrador por la diferencia en el error y la acumulación de esta , para darle solución a este problema se agregó una parte de código (Anexo8) para compensar el sobre impulso , se determinó unos límites superior e inferior al error para evitar el sobre impulso. La sección resaltada es la que se encarga de determinar el límite para el error en el incremento y el decremento.

Con este código se obtuvo la siguiente grafica (Figura 2-32) de la temperatura respecto al tiempo:

Figura 2-32 Grafica comportamiento real PID corregido, Fuente elaboración propia

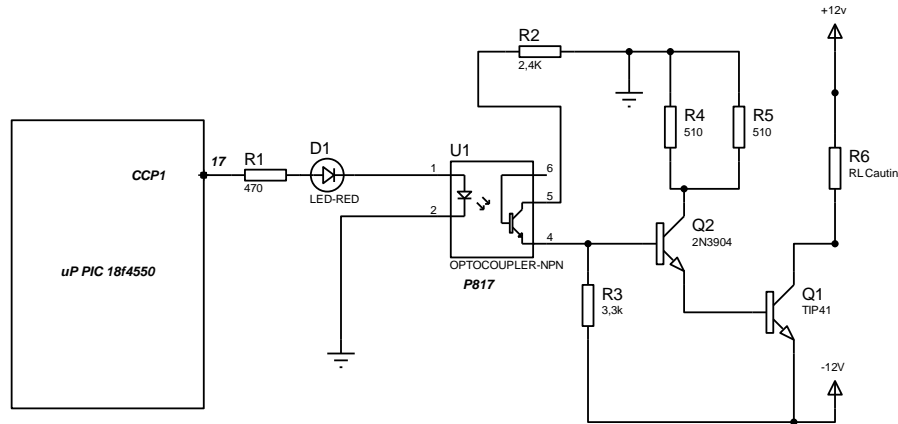


Con la comparativa de la graficas del PID con la del PID corregido se aprecia una reducción importante en el error inicial y una estabilización a menor tiempo, la primera tuvo un error máximo de +122°C / -15 °C y 171 segundos mientras en la segunda +15 °C / -10°C y 129 segundos para estabilizarse. Por esto se optó por usar la corrección por código del PID.

Circuito implementado

El calefactor del cautín es de 24 v dc, con una corriente de hasta 2 A, para poder controlar la temperatura se implementó la señal de pwm que se toma del pin 17 del microcontrolador, el diagrama se aprecia en la imagen 2-33 salida ccp1 del microcontrolador y se envía por medio de resistencia y led para visualizar la señal y este a un optoacoplador, la etapa de potencia conformada por el transistor TIP41 y el 2n3904.

Figura 2-33 Circuito de potencia a conectar el caufín (R6), Fuente elaboración propia



Con este circuito al tener un pulso de 5v a la salida del pin 17 del microcontrolador con la resistencia de 200 Homs la corriente del optoacoplador será de:

$$I = \frac{V_{out} - (V_{ledRed}) - (V_{ledOptocoupling})}{R}$$

$$I = \frac{5v - (1,7v) - (1,2)}{200}$$

$$I = 10mA$$

(2-31)

Según las características de este optoacoplador P817 con una corriente a partir de 5 mA se asegura una saturación en el transistor de la etapa de salida, es así que con una resistencia de 200 Ω se asegura la saturación.

A la salida del optoacoplador tenemos una corriente de colector determinada por R2 y las junturas BE de Q1 y Q2:

$$I = \frac{12v - 0,7v - 0,7v - 0,7v}{2,4K\Omega}$$

$$I = 4,125 mA$$

(2-32)

Para el transistor Q2 cuyo Beta es de 100 a una corriente de 4,41mA tenemos una saturación a una corriente no mayor de 441 mA en cuyo caso las resistencias de colector son de 510Ω en paralelo donde la corriente de colector para Q2 será:

$$I = \frac{(R4 + R5) * V_{cc} - v_{ceQ2} - v_{ceQ1}}{R4 * R5}$$

$$I = \frac{(510 + 510) * (12v - 0,7v - 0,7v)}{510 * 510}$$

$$I = 41,56mA$$

(2-33)

Como $41,56 mA < 441mA$ se asegura la saturación de Q2, para Q1 se tiene una corriente máxima a saturarse según su beta el cual es de 70 Max donde se tiene una capacidad de saturación de:

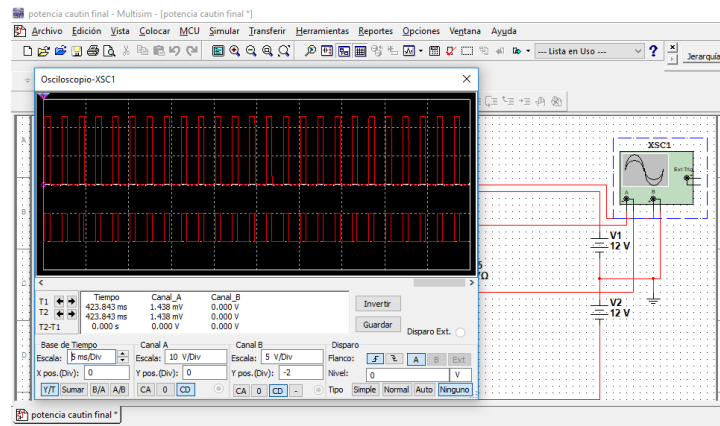
$$41,56 mA * 70 = 2,9A$$

(2-34)

Como la corriente máxima que consume el calentador es de 2 A, se asegura su saturación, de esta manera se puede emitir la modulación de ancho de pulso generada por el microcontrolador al calefactor por medio de este circuito." R3 es para asegurar el corte del circuito cuando hay un nivel bajo de entrada."

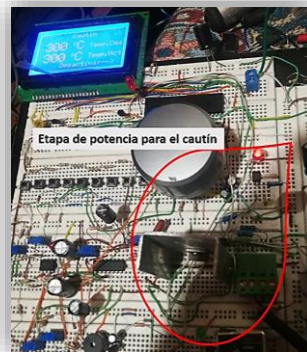
Este circuito al simularlo con el software Multisim 11 se obtiene la forma de onda que se aprecia en la figura 2-34 en la cual se mide directo en la resistencia de carga, la cual representa el Cautín, la otra señal es la de entrada:

Figura 2-34 Simulación del circuito de potencia del cautín, Fuente: Elaboración propia



Se realizo montaje y prueba del circuito trabajando:

Figura 2-35 Montaje de prueba trabajando el circuito del cautín



2.3 Cañón de Aire caliente

Para esta sección se Realizaron pruebas con una unidad calefactora de uso genérico y a la vez repuesto de estaciones de soldado, la cual trae la resistencia calefactora y termocupla tipo J (determinada por medios experimentales), para la cual se realiza control de la temperatura con PID y variación de la velocidad de la sección de aire a cuál se conecta a la unidad calefactora para tener así control del flujo de aire y de la temperatura del mismo.

Figura 2-36 Cañón de aire genérico fuente: (Clasf Argentina, 2018)



Este tipo de cañón se usa en las estaciones con una bomba especialmente diseñada para tal fin si bien el cañón si se consigue, la bomba no se obtiene como repuesto. Por este motivo en las pruebas realizadas se observó la necesidad de una inyección de aire muy superior en la entrada respecto al obtenido a la salida del cañón, a causa de que este debe pasar por lo largo de toda la manguera por la cual también pasan los cables. Se realizaron pruebas con distintas fuentes de aire, turbinas de diferente tamaño y la salida era muy reducida, la que mejor presión brindo, fue una turbina realizada con un motor de corriente alterna usado para las pruebas, con la cual se obtiene un caudal apropiado de aire, así mismo genera un elevado ruido.

Buscando alternativas más viables y tratando de encontrar un menor tamaño y reducción de ruido , se encontró en el mercado un cañón de repuesto que trae la turbina interna dentro del cañón , es así que se puede obtener un óptimo flujo de aire sin perdidas consideradas por estar ubicado dentro del cañón , a la vez que el ruido es muy reducido , si bien es más costosa , se compensa en el hecho que no hay que implementar sistema externo de generación de flujo de aire y el consumo energético es menor, adicionalmente trae un sensor magnético el cual se puede usar para fines de seguridad. En la figura 2-37 se aprecia el cañón seleccionado en su estructura interna

Figura 2-37 Cañón con turbina, Fuente: Elaboración propia



2.3.1 Adecuación de la señal

Para la adecuación de la señal tomada de la termocupla se implementa de forma similar a la realizada para el caudal con la diferencia que se ajusta para una ganancia diferente, en este caso se determinó para una lectura máxima alrededor de los 640 grados centígrados para los cuales la termocupla entrega 35,464 mV los para los cuales si son la máxima escala representaría 5 v es decir que la ganancia necesaria será de:

$$\frac{5000mv}{34,464mv} = 140,86$$

(2-35)

Con esta ganancia tenemos que el circuito de adecuación para la señal será igual al de la imagen 2-24 en el cual se ajusta el reóstato a un valor de *(medición en el paralelo del reóstato con R2), o los pines 1 y 8 del IC AD620:*

$$G = \frac{49,4K}{Rg + 1}$$

(2-36)

$$Rg = \frac{49,4K\Omega}{G - 1}$$

$$Rg = \frac{49,4K\Omega}{140,86 - 1}$$

$$Rg = 353,2\Omega$$

(2-37)

Tanto el circuito y el resto de elementos es similar al circuito descrito en la sección 2.2.1 y el diagrama de la imagen 2-24. Con la diferencia que se conecta a la entrada A/D pin 3 del microcontrolador.

2.3.2 Conversión y linealización de la señal

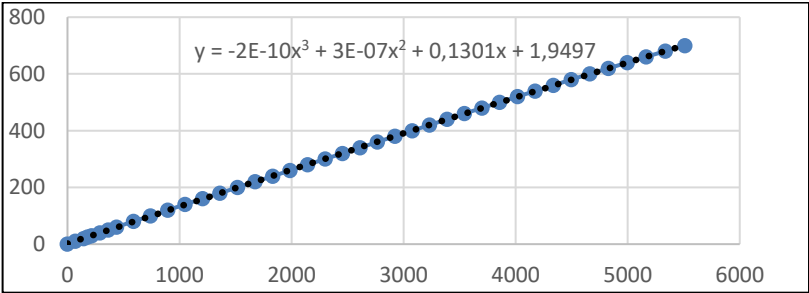
La señal que entra al microcontrolador por el puerto RA1 pin 3 se convierte a digital con una resolución de 10 bits. El código escrito para hacer la conversión se realizó dentro de una función "Void" (Anexo 9).

Como la termocupla no es lineal se graficó su curva y se extrajo una ecuación polinómica en Excel se tomaron los datos para la termocupla y se multiplico por la ganancia del AO obteniendo así los datos en mv para la conversión, esta es la ecuación introducida dentro de la rutina para obtener el valor en temperatura:

Tabla 2-5 Termocupla ganancia 140 , fuente: elaboración propia.

Voltaje en mv Ganancia 140,86	Temperatura
0	0
71,41602	10
143,53634	20
179,87822	25
216,36096	30
289,88988	40
364,1231	50
438,7789	60
589,63996	80
742,05048	100
895,72874	120
1050,39302	140
1205,7616	160
1361,69362	180
1518,04822	200
1674,40282	220
1830,89828	240
1987,25288	260
2143,46662	280
2299,5395	300
2455,47152	320
2611,12182	340
2766,4904	360
2921,85898	380
3077,22756	400
3232,59614	420
3388,24644	440
3544,17846	460
3700,67392	480
3857,87368	500
4016,05946	520
4175,37212	540
4335,95252	560
4498,08238	580
4661,90256	600
4827,69478	620
4995,45904	640
5165,47706	660

Figura 2-38 Linealización de la termocupla, fuente elaboración propia



En la imagen 2-38 se representa los datos de la tabla 2-5 y la fórmula de la línea de tendencia con la que se calcula la temperatura con el voltaje leído.

Con la ecuación polinómica obtenida se puede hallar los valores de temperatura equivalentes de manera que al aplicar esta ecuación se halla la temperatura según el voltaje de entrada siendo así muy similar a la tabla, al igual que en la sección de caudín se usó dentro del código para obtener el valor de la temperatura.

$$y = -2^{-10}x^3 + 3^{-7}x^2 + 0,1301x + 1,9497$$

(2-38)

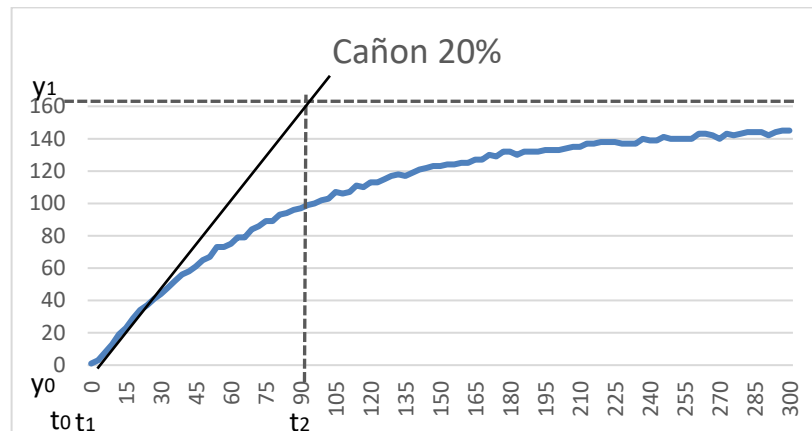
Al igual que el código de caudín, el uso del tipo de variables se usó para obtener los valores correctos y el condicional if para exhibir solo si hay cambio en la temperatura y si no se usa el encoder.

2.3.2.1 Control de la temperatura.

Para el control de temperatura se determinó hacerlo con PID basado en lo explicado en la sección 2.3.2.1 se analizó el comportamiento del calefactor a un 20% de su potencia nominal:

Del cual se obtuvo la siguiente gráfica:

Figura 2-39 Sintonía cañón al 20% Fuente elaboración propia.



Con estos datos se tomaron los valores de:

$$t_0 = 1 \quad t_1 = 3 \quad t_2 = 90$$

(2-39)

$$y_0 = 3 \quad y_1 = 144$$

(2-40)

$$U_0 = 0 \quad U_1 = 14$$

(2-41)

De manera que:

$$T_0 = t_1 - t_0$$
$$T_0 = 3 - 1$$
$$\mathbf{T_0 = 2}$$

(2-42)

$$Y_0 = t_2 - t_1$$
$$Y_0 = 90 - 3$$
$$\mathbf{Y_0 = 87}$$

(2-43)

$$K_0 = \frac{y_1 - y_0}{U_1 - U_0}$$
$$K_0 = \frac{144 - 3}{14 - 0}$$
$$\mathbf{K_0 = 10,07}$$

(2-44)

Ahora Según Zigler/Nichols , las relaciones de estos coeficientes con los parámetros del controlador son:

$$K_p = \frac{1,2 * y_0}{K_0 * \tau_0} \quad T_i = 2 * \tau_0 \quad T_d = 0,5 * \tau_0 \quad (2-45)$$

El parámetro proporcional será:

$$K_p = \frac{1,2 * 87}{10,07 * 2} = 5,18$$

$$\mathbf{K_p = 5,18}$$

(2-46)

El parámetro integral será:

$$T_i = 2 * 2$$

$$\mathbf{T_i = 4}$$

(2-47)

El parámetro derivativo será:

$$T_d = 0,5 * 2$$

$$\mathbf{T_d = 1}$$

(2-48)

Ahora para hallar los parámetros según Zigler/nichols para un periodo de muestreo inferior a ¼ del periodo de restablecimiento, se tomó un T= 200ms, con periodos menores se observó inestabilidad por la lenta reacción de la resistencia calefactora a los sobre impulsos del sistema de control, a este periodo se obtuvo mejores resultados, tomando este periodo se obtuvieron los parámetros a, b, c:

$$a = K_p \quad b = \frac{K_p * T}{T_i} \quad c = \frac{K_p * T_d}{T}$$

(2-49)

$$a = 5,18$$

(2-50)

$$b = \frac{5,18 * 0,2}{4}$$

$$b = 0,259$$

(2-51)

$$c = \frac{5,18 * 1}{0,2}$$

$$c = 25,9$$

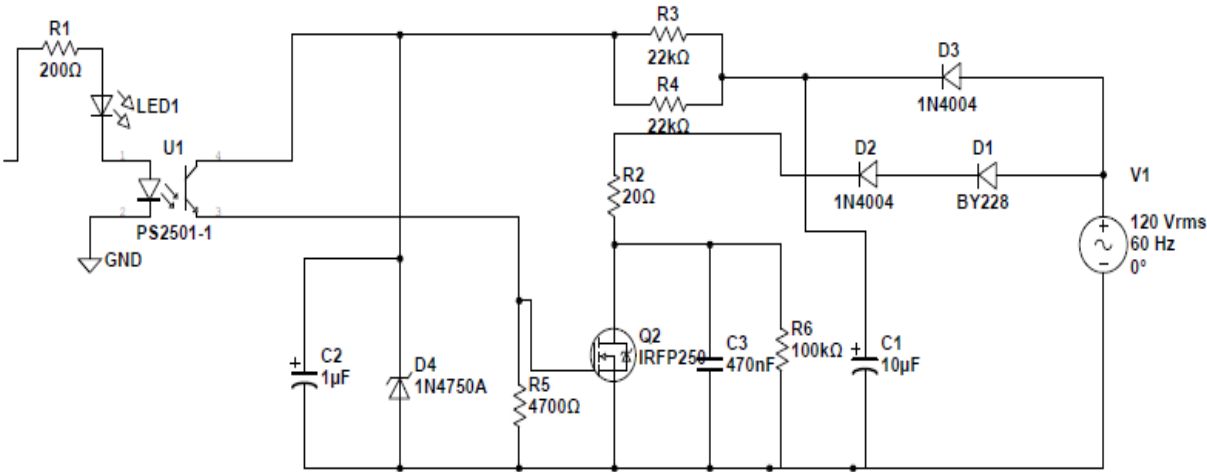
(2-52)

Con estos datos se configuro la rutina de control para la temperatura del cañón, esta se escribió dentro de un Void (Anexo 10)

Circuito Implementado

Como la potencia requerida para dar la energía suficiente es alta , así mismo no se dispone de información técnica las características de la resistencia interna del cañón se hicieron pruebas para determinar que energía hay que suministrarle ,al medir la resistencia interna del calefactor, la cual es de 20Ω se energizo con distintos niveles de tensión para verificar con cuales se podía obtener unas temperaturas optimas , encontrando que se requieren unos 200 a 250 W de potencia para el cual se requieren uno 170 v aproximadamente , para tal fin se optó para no depender de una nueva fuente de alimentación, se usó una rectificación de media onda de la corriente alterna para obtener así picos de 170v en corriente continua (*No se filtra para no aumentar así el valor nominal en amplitud es equivalente al 50% de la señal completa*). Esta señal de media onda se envía al calefactor se cierra el circuito por medio de un mosfet canal N de 24 A y 600V el diagrama está en la figura 2-40

Figura 2-40 Diagrama de la etapa de potencia para el cañón



El Mosfet se encuentra en corte por medio de la resistencia R5 de 4,7KΩ al entrar un pulso de nivel alto por medio del optoacoplador, provoca que entre en saturación cerrando así el circuito, la corriente de disparo para este Mosfet que es un 24N50 el cual requiere un voltaje desde 10 v y Max de gate de 30v , una corriente desde 250 μA según lo visto en la figura 2-41

Figura 2-41 Características Mosfet 24N50, Fuente: (Unisonic Technologies Co.LTD, 2012)

24N50

Power MOSFET

■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_C=25°C, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS	UNIT
Drain-Source Voltage	V _{DS}	500	V
Gate-Source Voltage	V _{GS}	±30	V
Drain Current	Continuous (T _C =25°C)	I _D	24 (Note 2)
	Pulsed (Note 3)	I _{DM}	96 (Note 2)
Avalanche Current (Note 3)	I _{AR}	24	A
Avalanche Energy	Single Pulsed (Note 4)	E _{AS}	1100
	Repetitive (Note 5)	E _{AR}	29
Peak Diode Recovery dv/dt (Note 5)	dv/dt	15	V/ns
Power Dissipation	TO-247	P _D	290
	TO-3P	P _D	220
Derate above 25°C			2.33
Junction Temperature	T _J	+150	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-55~+150	°C

Note: 1. Absolute maximum ratings are those values beyond which the device could be permanently damaged.

Absolute maximum ratings are stress ratings only and functional device operation is not implied.

2. Drain current limited by maximum junction temperature

3. Repetitive Rating: Pulse width limited by maximum junction temperature

4. L = 3.4mH, I_{AS} = 24A, V_{DS} = 50V, R_G = 25Ω, Starting T_J = 25°C

5. I_{SD} ≤ 24A, di/dt ≤ 200A/μs, V_{DS} ≤ BV_{DS}, Starting T_J = 25°C

■ THERMAL DATA

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS	UNIT
Junction to Ambient	TO-247	θ _{JA}	40
	TO-3P	θ _{JA}	30
Junction to Case	TO-247	θ _{JC}	0.43
	TO-3P	θ _{JC}	0.34

■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C=25°C, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
OFF CHARACTERISTICS						
Drain-Source Breakdown Voltage	BV _{DS}	I _D =250μA, V _{GS} =0V	500			V
Drain-Source Leakage Current	I _{DSS}	V _{DS} =500V, V _{GS} =0V		50		μA
Gate-Source Leakage Current	Forward	V _{GS} =+30V, V _{DS} =0V			+100	nA
	Reverse	V _{GS} =-30V, V _{DS} =0V			-100	nA

De esta manera se toma de la corriente alterna, por medio de D3 y C3 los cuales rectifican y filtran, teniendo en este punto 160 v dc.

Por medio de R3 y R4 que son de 22K a 1 W cada una se conecta a l diodo Zener de 27v obteniendo así una fuente regulada de 27v con una capacidad de:

$$I_{max} = \frac{160v - 27}{22K\Omega}$$

$$I_{max} = 6,04mA$$

(2-53)

Así al saturarse la salida del optoacoplador la resistencia R5 tendrá un voltaje de 27v y una corriente:

$$\frac{27v}{4700} = 5,7 mA$$

(2-54)

Corriente y voltaje más que suficientes para activar el Mosfet el cual tiene capacidad para una corriente de hasta 24 A, la corriente que circulará por el Drenaje en el máximo pico será de:

$$V_p = 120v * \sqrt{2} = 169,7v_p$$

$$I_{p max} = \frac{V_p}{20\Omega}$$

$$I_{p max} = \frac{169,7v_p}{20\Omega}$$

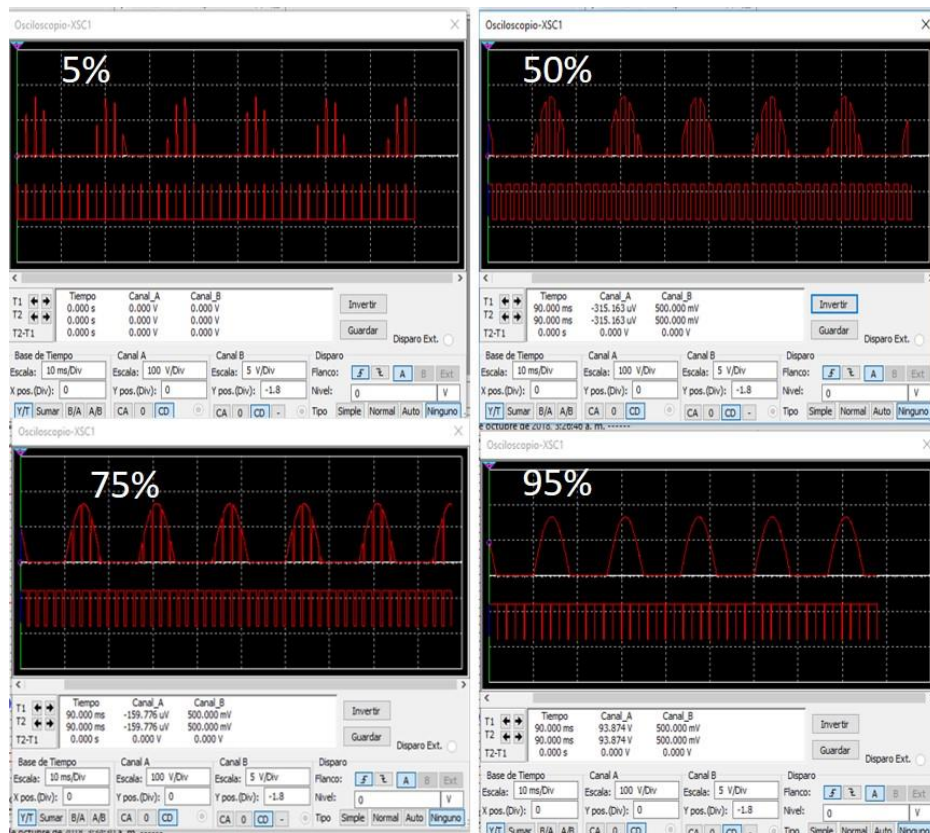
$$I_{p\max} = 8,48 A_p$$

(2-55)

Capacidad más que suficiente para el mosfet, el cual soporta máximo 24 A.

Dependiendo del ciclo útil de la señal de control que se ingresa al optoacoplador se manifiesta en la señal que excita al calefactor, al simularlo se observan las siguientes formas de onda:

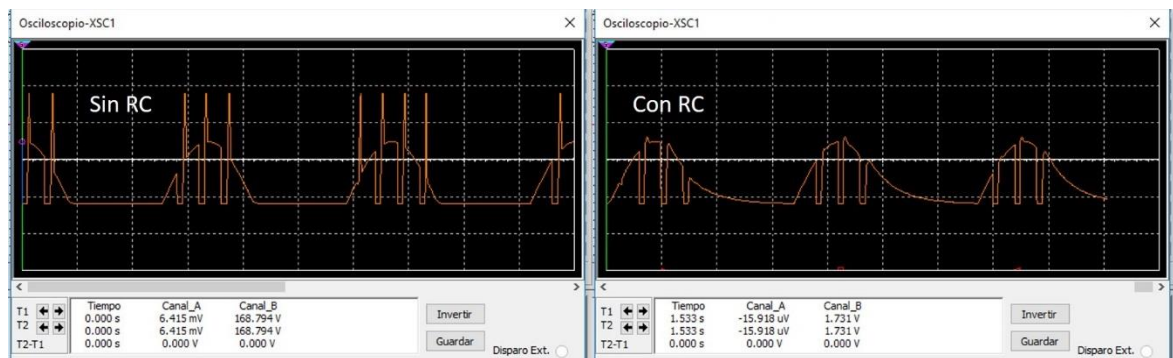
Figura 2-42 Formas de onda de la simulación de la señal en el calefactor del cañón, Fuente elaboración propia.



El condensador c3 y r3 se colocaron para suprimir picos de alta frecuencia presentes como ruido durante el cambio de corte a saturación del Mosfet , si bien en la simulación no se presenta dicho ruido , al realizar el montaje si se manifestó en un incremento en la temperatura del mismo ,buscando una solución se determinó el colocar un condensador lo

cual mejoró bastante la reducción de temperatura, este condensador suprime picos inferiores a los 47 microsegundos (Tiempo de carga del condensador por medio de la resistencia de carga o resistencia del calefactor), para representar dicho problema se simulo cambiando el tipo de mosfet (ya que el usado no está en las librerías y se simulo con uno parecido por características) , se representa en la figura 2-43 la simulación de los picos y el filtrado al colocar el condensador y la resistencia.

Figura 2-43 Simulación del ruido sin filtrar y filtrado, Fuente elaboración propia



El circuito de potencia (figura 2-40), se montó y probó su funcionamiento el cual se muestra en la figura 2-44.

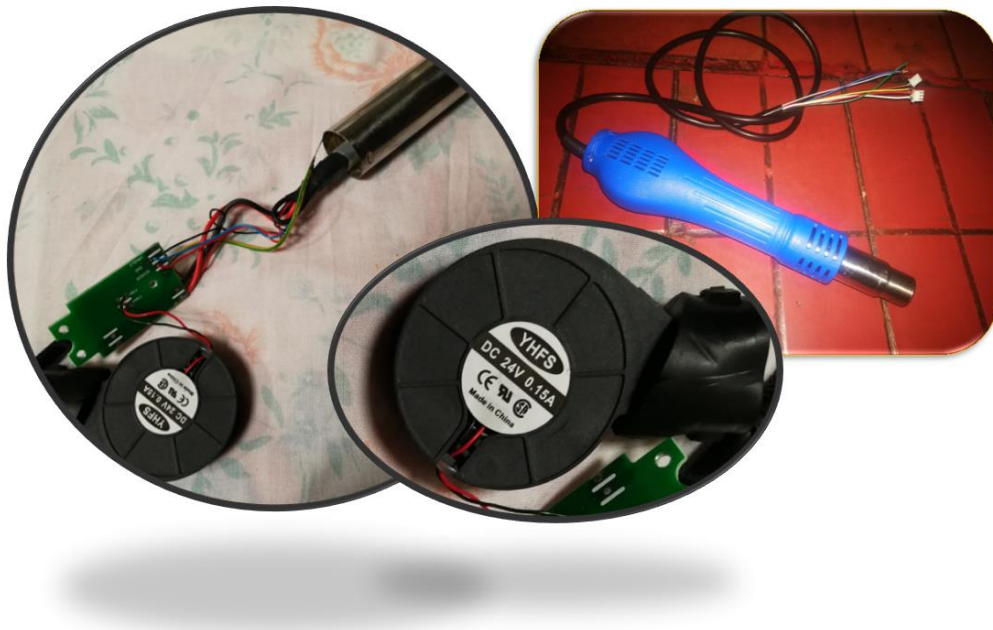
Figura 2-44 circuito de potencia para el cañón montado y probado



2.3.3 Control del flujo del aire

Otra parte muy importante para el uso del cañón es el aire que entrega se requiere poder controlar su flujo , como el cañón seleccionado trae una turbina interna se usó dicha turbina para poder controlar el flujo ,se decidió hacer un control por PWM para así poder hacer un control digital desde el microcontrolador , según este cañón su flujo es de un “*máximo de 120 LPM*” (SonyVideo Bogota, 2018) ,se alimenta esta turbina con 24 v dc , como se desea un cambio desde el 50% de su capacidad se seleccionó un circuito capaz de entregar la señal de pwm para controlar la energía entregada al motor que es de tipo brushless (Figura 2-45).

Figura 2-45 motor del cañón



Según sus características es un motor de 24 v con un consumo de corriente de 150mA con esto se dispuso el circuito para encenderlo y controlarlo conformado por un TIP42 , el cual se polariza por medio del transistor 2n3904 y este recibe por medio de R3 y el led, la señal proveniente de un microcontrolador Pic 16f628A del cual se usa su modulo pwm para controlar este circuito , la orden y configuración viene del pic principal 18f4550 , el cual se

comunica por su puerto de comunicación SPI con el 16f628A ⁵, al entrar una señal de nivel bajo el transistor Q2 se encuentra en corte por lo tanto Q1 se encuentra también en corte por medio de R2, así el motor se encuentra apagado, al entrar señal de PWM los instantes en que está en nivel alto Q2 queda saturado con una corriente de base de:

$$I_{be} = \frac{5v - 2v - 0.7v}{470\Omega} = 4,8mA \quad (2-56)$$

La corriente de colector será igual a la corriente de *be* de Q1 esta es:

$$I_c = \frac{12v - 0,7v}{200\Omega} = 56,5mA$$

Como la corriente de base es de *4,8mA* y a ganancia de este transistor es de *hfe= 150* esto da capacidad para una corriente máxima para saturación de *675mA*, como esta es mayor que la corriente de colector, se obtiene la saturación de Q2.

Como la corriente de colector de Q2 es igual a la corriente de base emisor de Q1 junto con la ganancia de Q2 da una capacidad de saturación para una corriente que sea menor a:

$$I_{c\ max} = I_{be} * hfe$$

$$I_{c\ max} = 56,5mA * 40$$

$$I_{c\ max} = 2,26A$$

(2-57)

⁵ La utilización de este otro microcontrolador es debido a que no quedan más pines para PWM en el micro principal y la realización de un pwm por software se ve afectada por el uso del encoder y el display debido a la intervención del usuario.

Como la corriente del motor de la turbina es máximo de 150 mA y esta es mucho menor que la máxima se asegura así la conducción del motor, de esta manera la señal de PWM llegara al motor en la misma fase y periodo que la señal de entrada.

El capacitor C2 de 470nf se coloca para suprimir picos de ruido que se introducen en el motor por la conmutación del circuito su periodo de descarga esta dado por la impedancia del motor de la turbina, así el tiempo de descarga será:

$$R_{Turbina} = \frac{24}{0,15A} = 160\Omega$$

$$T_{descarga} = (4,7nF * 160\Omega) * 5$$

$$T_d = 3,76\mu s$$

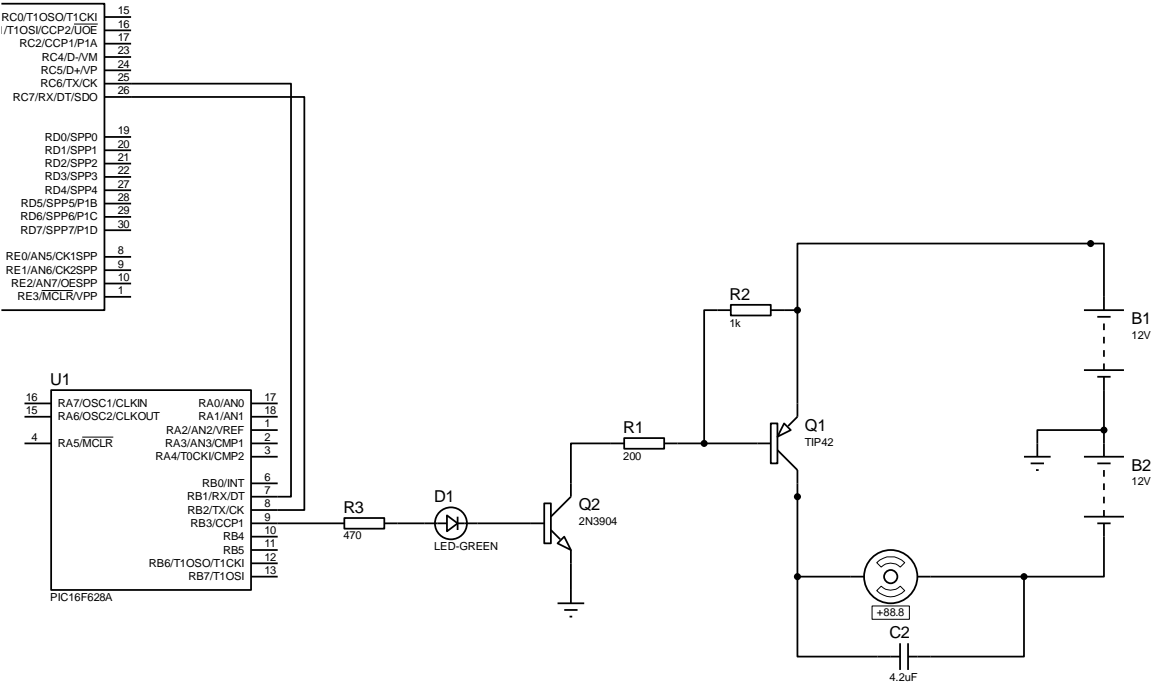
(2-58)

Así se pueden filtrar ruidos que estén por encima de este periodo, se concluyó el uso de este filtro para proteger el motor de la turbina el cual esta internamente conformado por un circuito de control de motor tipo *Brushels*.

La señal de PWM que se envía al motor es de 20Khz cuyo código de programación se encuentra en el (Anexo 11).

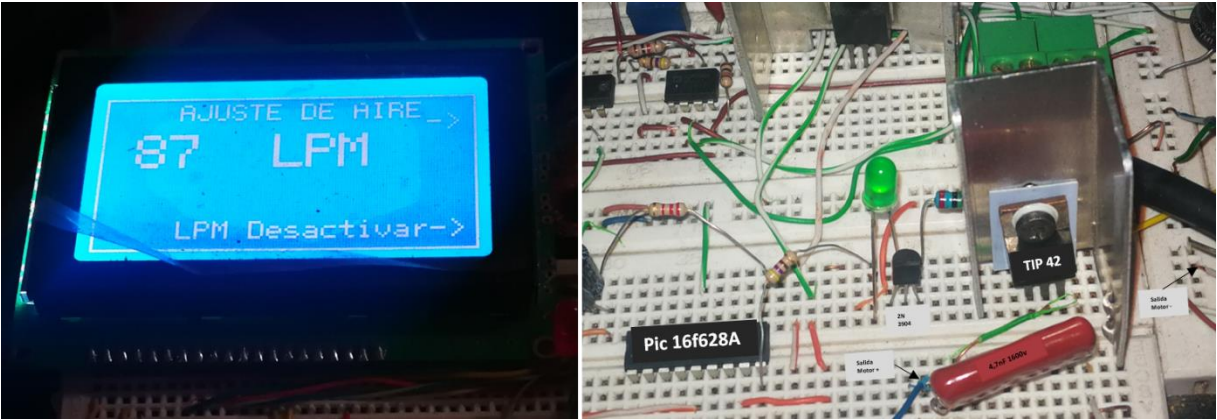
Donde los datos de ciclo útil van en la variable duty , a su vez en statuspwm va el dato con la información si se prende o se apaga el mismo, estas variables se cargan con la información que recibe por SPI del microcontrolador principal. El diagrama del circuito se encuentra en la siguiente figura:

Figura 2-46 Diagrama circuito de control y potencia de la turbina para el aire, Fuente elaboración propia



Este circuito se montó y probó en su funcionamiento:

Figura 2-47 Control de aire montado y a prueba fuente: Elaboración propia



2.4 Zona externa

Esta es una función que se agregó para poder medir la temperatura externa del dispositivo o tarjeta a soldar , ya que una cosa es la temperatura del calefactor de aire caliente , a la temperatura que hay en el medio a soldar , La temperatura que se controla en el aire es dentro del cañón y el aire sale de la boquilla a la temperatura deseada pero dependiendo la distancia , flujo del aire , temperatura ambiente y densidad de la superficie a soldar , esta temperatura en el elemento a soldar será menor. Es común en el uso de esta clase de herramientas el poner una temperatura superior a la necesaria para fundir la soldadura esto con el fin de poder obtener la temperatura sobre el chip o elemento rápidamente y que sea suficiente para soldarlo o desoldarlo, dejando a la experiencia y tácticas del operario el no sobrepasar la temperatura y no dañar los circuitos.

Como una solución y apoyo durante la realización del soldado , se adiciono esta función con el fin de ver que temperatura tiene la superficie a soldar y no sobrepasar la deseada , en esta función de zona externa se tiene la opción de solo ver la temperatura que mide la termocupla o se puede activar los modos automáticos en los que se incrementa la temperatura del cañón en un porcentaje proporcional a la temperatura aplicada, se usan los algoritmos requeridos para brindar control en esta temperatura , todo con el objetivo de ayudar al trabajo de soldar o desoldar el elemento , el uso de estas funciones son de selección del operario de usarlas o no.

En esta sección la parte de hardware se basa en el circuito de implementación de la termocupla tipo K , la cual se acondiciona la señal , de forma similar al diseño presentado en la figura 2-16 los cambios son la termocupla que es tipo K y las resistencias R5 , R6 que son de $22K\Omega$ y el trimer de $1K$ y R2 de 680Ω el ajuste y funcionamiento es similar a los anteriores la ganancia se determinó en 171,65 para tener una medición máxima de 680 grados centígrados el cálculo de la resistencia medida entre los extremos de R2 o pines 1 y 8 del AD620 se calculó:

Ganancia del A.O AD620:

$$G = \frac{49,4K}{R_g + 1}$$

Despejando R_g

$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{G - 1}$$

Reemplazando:

$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{171,65 - 1}$$

$$\mathbf{R_g = 289,48\Omega}$$

(2-59)

Con este circuito montado se realizaron pruebas de medición y control de la temperatura en dicha función.

2.5 Fuente de alimentación

Los voltajes requeridos para este diseño son 5V dc no menor a 1A , +12vDc -12Vdc no menor a 4 A y la entrada de corriente alterna para el cañón.

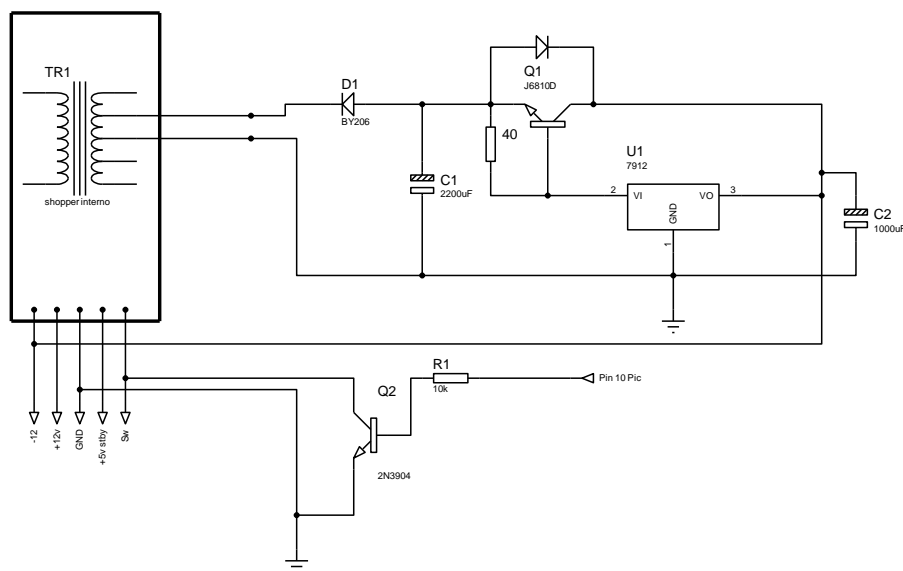
Basado en esto se determina el uso de una fuente de computador ATX esta tiene la ventaja de tener una regulación de buena calidad , swichada , bajo costo y trae control de encendido de las etapas de potencia 5 v hasta 38A , +12v hasta 18A suficientes para trabajar el sistema

Figura 2-48 Características de la fuente ATX , Fuente captura propia



El único voltaje que es bajo en corriente es el de -12 V que solo es de 500mA, y la corriente debe ser mayor a 4A para solucionar esto se sacó de la misma fuente la corriente, directo del transformador chopper la corriente sin rectificar , (la misma línea que genera los +12v) de este nodo se rectificó de media onda , se filtró , se obtuvieron -32v y se regularon con un 7912 y se reforzó en corriente con un Transistor j6810D este transistor tiene una corriente de colector de 10A , trae resistencia interna be de 40Ω y diodo dâmpier , así se obtuvo la fuente negativa con capacidad de hasta más de 8 A . en la siguiente figura se representa el esquema de la reforma y la conexión del encendido de la fuente.

Figura 2-49 Diagrama de reforma a la fuente y conexión de encendido Fuente elaboración propia



La fuente al conectarse esta en modo de espera solo sale voltaje por la línea de 5v stby o 5Vsb como lo dice en la figura 2-49, con estos 5 v se alimenta el microcontrolador este al oprimirse el pulsador de encendido da un nivel de salida alto por el pin 10 con lo cual se polariza el transistor Q2 poniendo a tierra la línea de activación de la fuente, así se enciende y aparecen los voltajes de + 12v y -12 v.

La etapa de corriente alterna del cañón ya se explicó en la sección 2.3.2.1 circuito implementado, adicionalmente a esta línea se le adiciona un relevo para apagarlo por software o al apagar el sistema, para asegurar la desconexión de la corriente alterna de esta etapa del circuito.

2.6 Diseño circuito impreso

El circuito impreso se diseño en el programa *Autodesk EAGLE* el cual es un software de automatización de diseño electrónico (EDA). Permite realizar el diseño de placas de circuito impreso (PCB) las cuales conecten a la perfección con los diagramas esquemáticos, ubicación de componentes, enrutamiento de PCB y contenido completo de la biblioteca. (Autodesk, 2018).

Se realizo el diagrama de la etapa de control y de potencia para realizar el PCB requerido para cada uno, cuyos diagramas se encuentran a continuación:

Figura 2-50 Diagrama control, Fuente elaboración propia

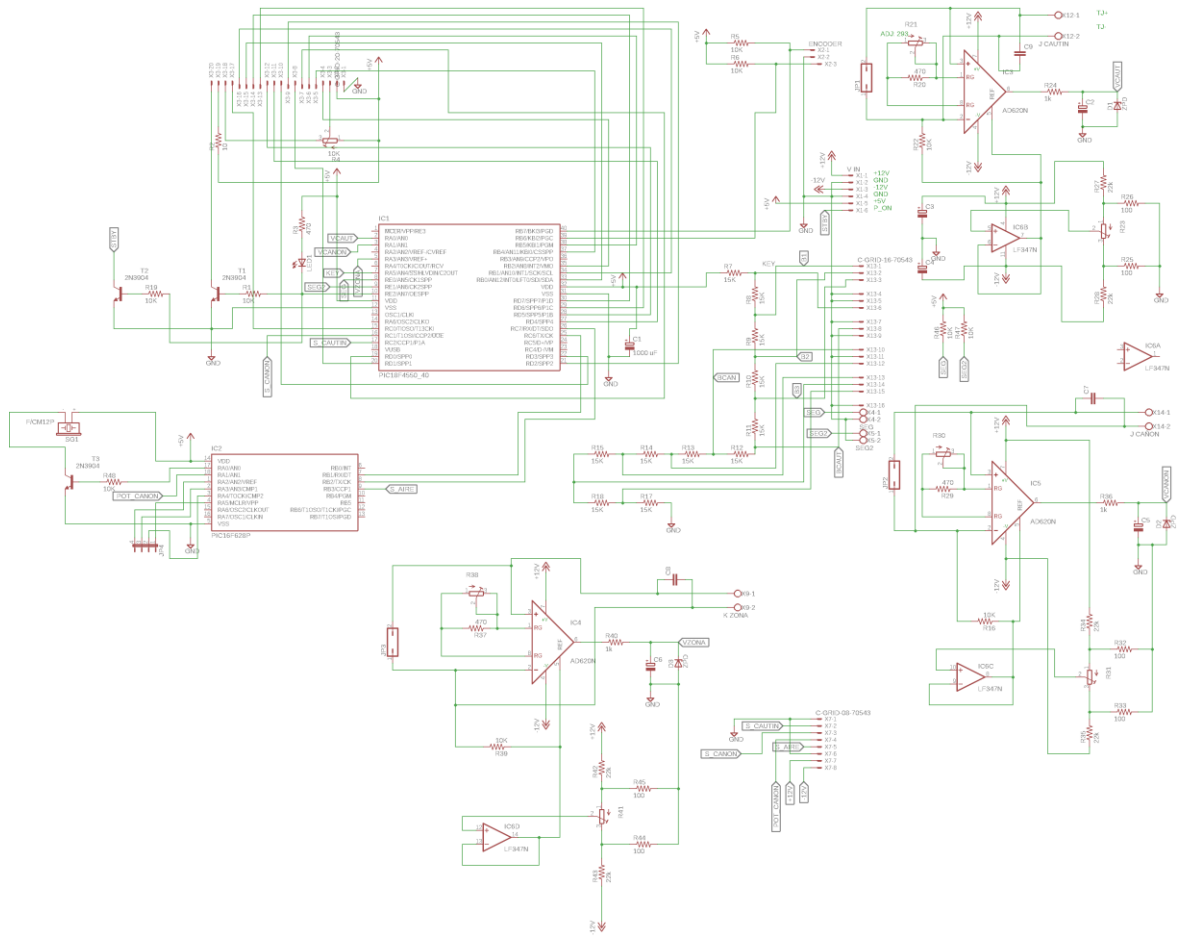
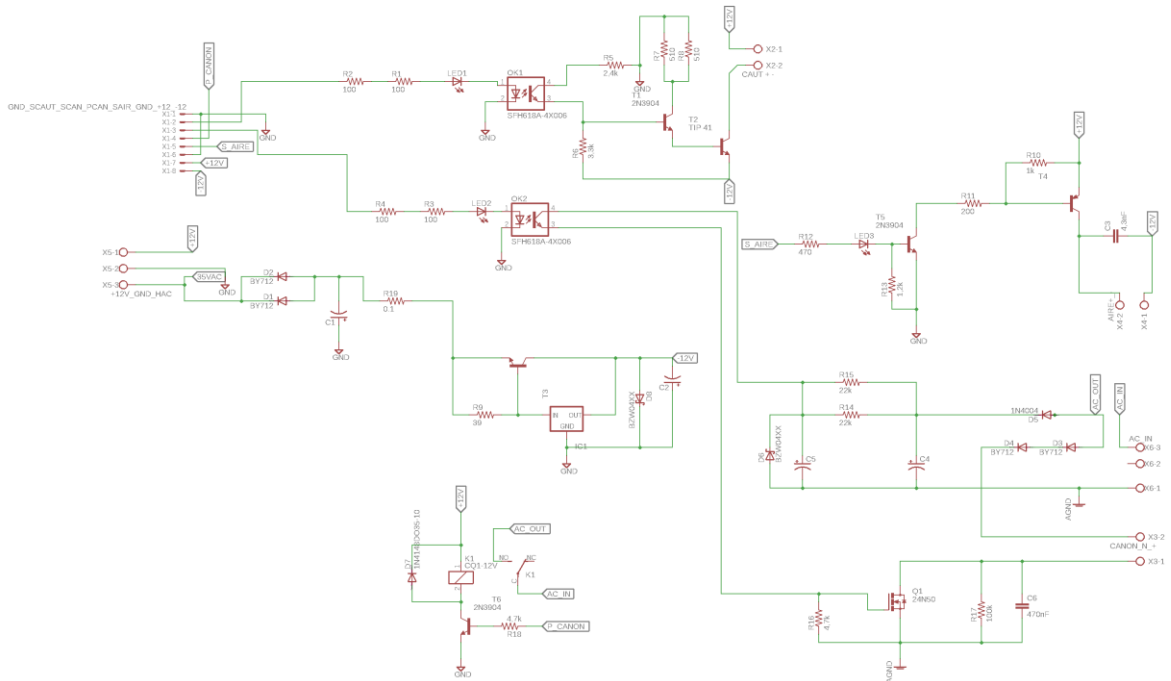


Figura 2-51 Diagrama Etapa de Potencia. Fuente elaboración propia



Con estos diagramas se realizó los circuitos impresos de doble faz para cada etapa, obteniéndose así los diseños para la elaboración de los PCB:

Figura 2-52 Control vista superior top. Fuente elaboración propia

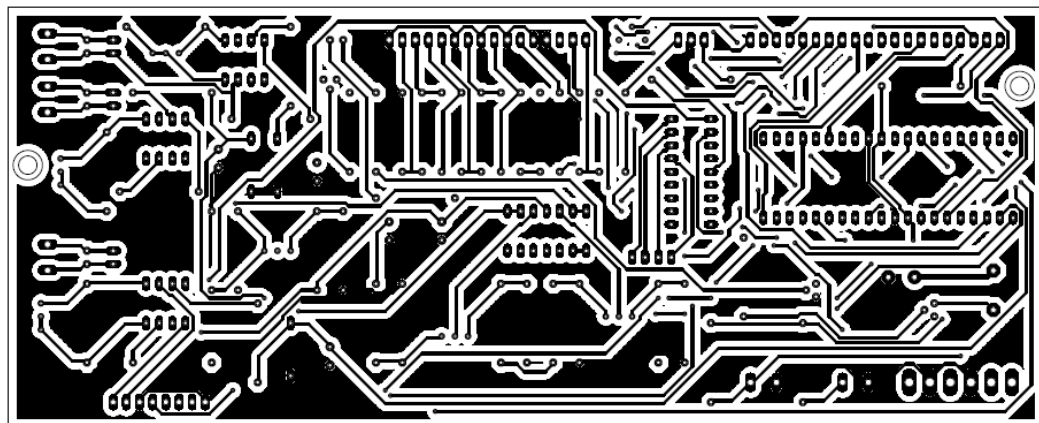


Figura 2-53 Control vista inferior Bottom . Fuente elaboración propia

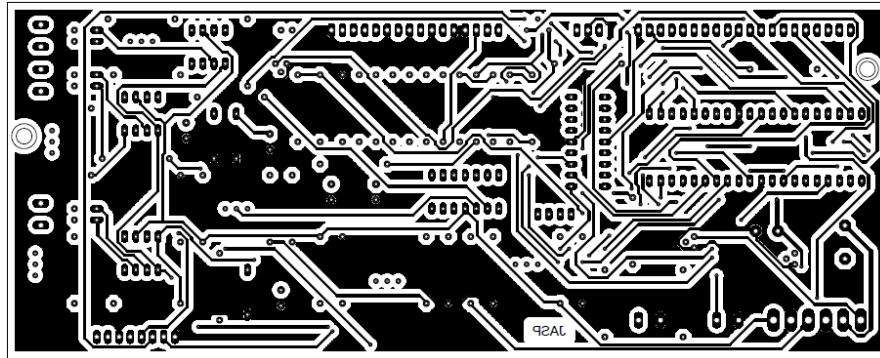


Figura 2-54 Control Serigrafia. Fuente elaboración propia

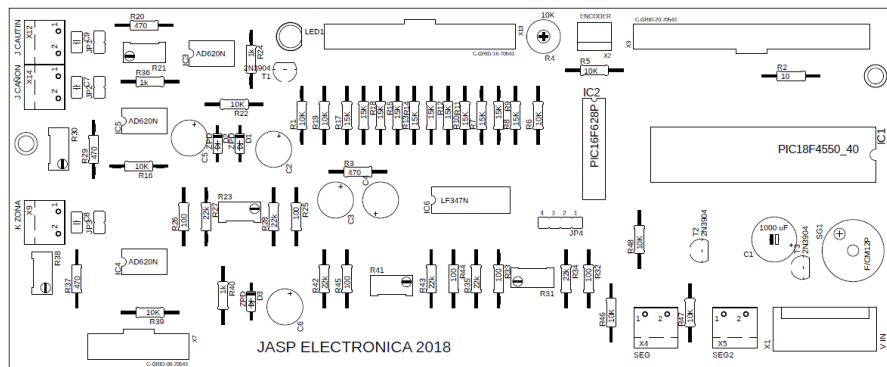


Figura 2-55 Potencia Vista superior TOP. Fuente elaboración propia

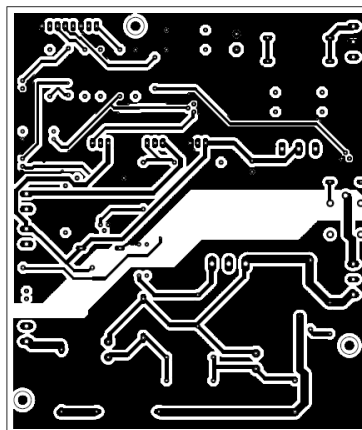


Figura 2-56 Vista inferior Potencia Bottom. Fuente elaboración propia

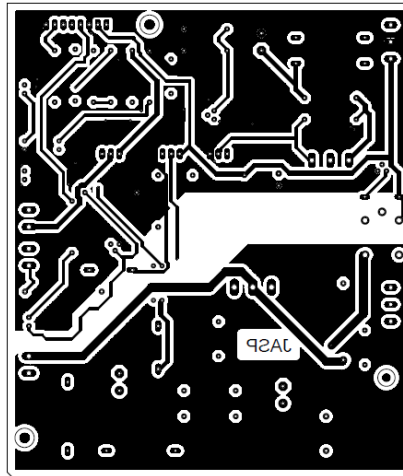
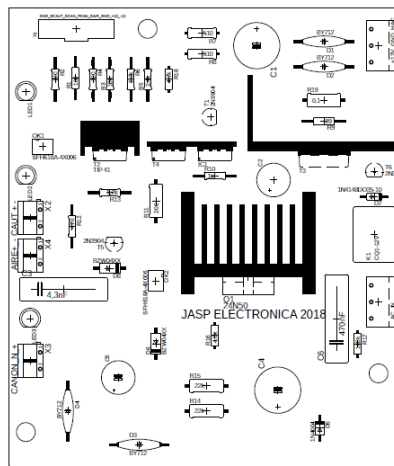


Figura 2-57 Serigrafía Potencia. fuente elaboración propia



Tanto las pistas en su diámetro y distancia se tuvieron en cuenta las corrientes y voltajes que correrán por dichas pistas, La pcb se mandó hacer con antisolder, en doble faz en fibra de vidrio.

Figura 2-58 Circuito impreso control vista superior. Fuente elaboración propia

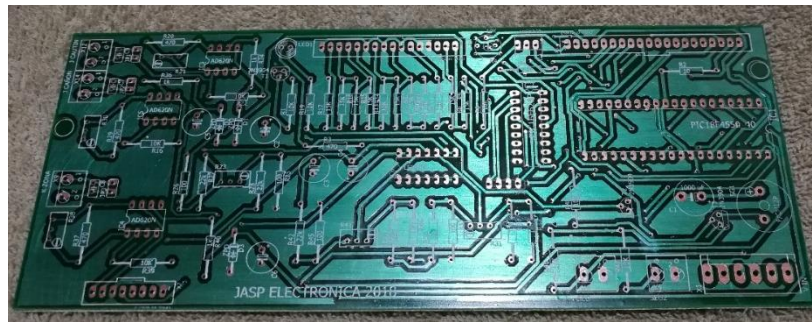


Figura 2-59 Circuito impreso control vista inferior. Fuente elaboración propia

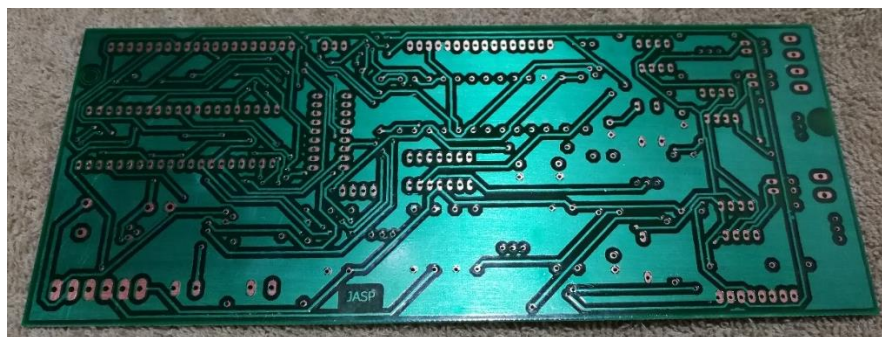


Figura 2-60 circuito impreso Potencia vista superior. Fuente elaboración propia

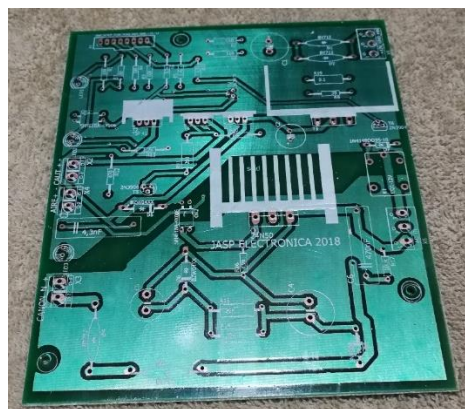


Figura 2-61 Circuito impreso Potencia vista inferior. Fuente elaboración propia



Figura 2-62 Tarjetas para botones, encoder y leds. Fuente elaboración propia



2.7 Montaje y armado de las tarjetas

Se instalaron los elementos en las placas tanto de control como de potencia, teniendo en cuenta las soldaduras realizadas por ambas caras del circuito impreso, así como la polaridad de filtros y diodos.

Figura 2-63 Tarjeta de control armada. Fuente elaboración propia

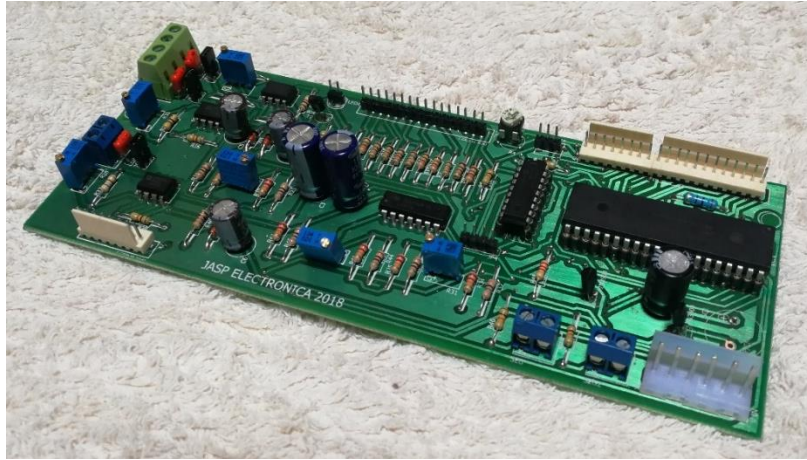


Figura 2-64 Tarjeta de Potencia ensamblada. Fuente elaboración propia



2.8 Calibración y pruebas

Luego de hacer el ensamblaje de los elementos en la tarjeta, se procedió a calibrar los trimer de ganancia de cañón, cañón y zona externa, ajustándolos para obtener los valores requeridos de cada uno, según la tabla 2-6, se ajusta midiendo con el circuito desconectado y midiendo en los extremos de la resistencia que indica en la tabla.

Tabla 2-6 valores de ajuste de los trimers para ganancia. Fuente elaboración propia

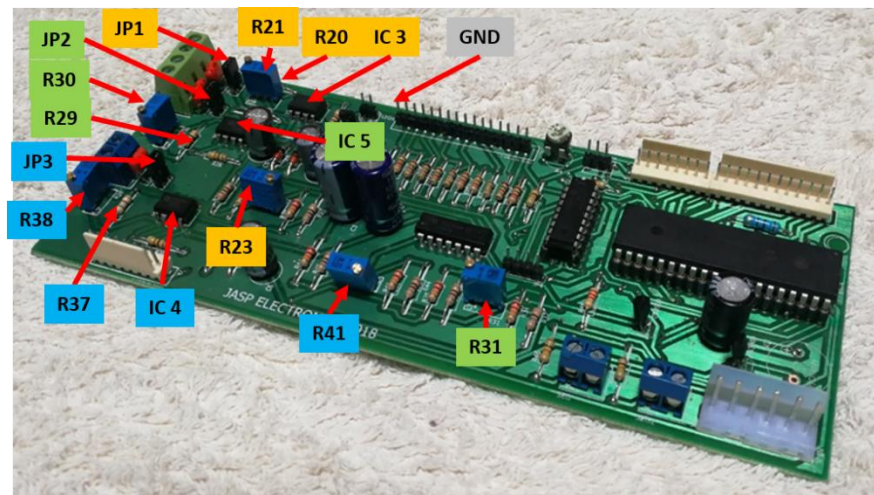
TRIMER	Medir en los extremos de:	Valor a Ajustar
R21 Cautín	R 20	294 Ω
R30 Cañón	R 29	353,2 Ω
R38 Zona Ext	R37	289,5 Ω

Luego de este ajuste se colocan los jumpers JP1, JP2, JP3 , se desconecta tanto el cautín ,y el cañón y la termocupla de zona externa, encender el dispositivo y ajustar el offset a 0,0mv midiendo en el pin 6 de salida de los operacionales AD620 respectivos se aprecian los trimer y los nodos a medir en la tabla 2-7.

Tabla 2-7 Trimers a ajustar e IC donde medir el offset

TRIMER	Medir entre GND y el pin 6 de:
R 23 Cautín	IC 3
R 31 Cañón	IC 5
R 41 Zona Ext	IC 4

Figura 2-65 ubicación física de los trimer, jumpers e IC para ajuste. Fuente elaboración propia



2.9 Caja y ensamble final

Las tarjetas como la tarjeta de la fuente se montan dentro de una caja metálica de 25cm x 10,5 cm x 19 cm a la cual se le hicieron los orificios para el display, botones, encoder

conexión de entrada de poder, porta-fusible y leds. Adicionalmente se le colocaron los soportes para atornillar las tarjetas.

Figura 2-66 Caja, perforaciones y soportes. Fuente elaboración propia



2.9.1 Frontal para la caja

Este diseño se realizó en Corel Draw ,se imprimió en vinilo laminado adhesivo para darle mejor apariencia y terminado a la caja:

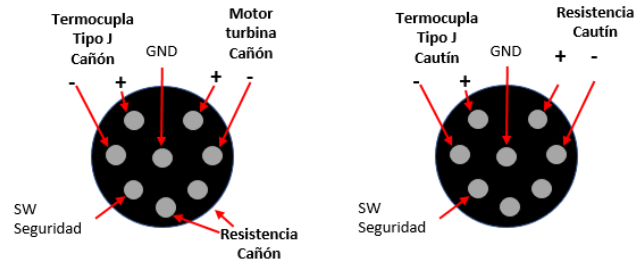
Figura 2-67 Frente para la caja. Fuente elaboración propia



2.9.2 Armado y conexiones

Dentro de la caja se instalaron el display, las tarjetas de los pulsadores y leds, display, tarjeta de potencia y control a la cual se conectaron las terminales de conexión externa del cautín y el cañón con conectores tipo, Din de 8 pines.

Figura 2-68 conexiones Din 8 pines. Fuente elaboración propia



Los pulsadores, termocupla y conexiones de las tarjetas se conectan según el diagrama esquemático y las indicaciones de las tarjetas; Las conexiones se realizan montando las tarjetas dentro de la caja:

Figura 2-69 Elementos montados y conectados en la caja



Las bases tanto para cautín y para el cañón son adicionadas con un acople magnético "imán" a cada una para permitir la acción del micro-rele magnético que hay dentro de cada uno para que se accione el control de seguridad al cautín se le adiciono este micro-rele para implementar su uso de seguridad.

Figura 2-70 Bases de cautín y cañón con los acoples magnéticos



2.9.3 Ensamble final y pruebas

Finalmente se ensambla la caja, se conectan los transductores térmicos y se hacen las pruebas de funcionamiento con el equipo terminado.

Figura 2-71 Equipo terminado funcionando. Fuente elaboración propia



2.11 Costos

Para el desarrollo de este proyecto se adquirieron diversos elementos, tantos materiales electrónicos, transductores, elementos para la caja y armado final en la siguiente tabla se detalla el costo de estos materiales cuyo capital fue inversión propia.

Tabla 2-8 Costos de materiales

Nombre	Cantidad	Valor unidad	Total
Microcontrolador Pic 18f4550	1	18000	18000
Microcontrolador Pic 16f628A	1	7000	7000
Amplificador Operacional LF347	1	2500	2500
Amplificador Operacional AD620	3	12500	37500
Resistencias $\frac{1}{4}$ W	48	12	576
Resistencias $\frac{1}{2}$ W	3	20	60
Resistencias 1 W	3	100	300
Diodos $\frac{1}{2}$ W	5	300	1500
Diodos 1W	2	500	1000
Diodos 3 W	2	1200	2400
Diodos 6 W	2	1800	3600
Condensadores Electrolíticos 2200 μF 35v	2	1800	3600
Condensadores Electrolíticos 1000 μF 25v	2	1500	3000
Condensadores Electrolíticos 100 μF 50v	3	1100	2200
Condensadores Cerámicos 600v	2	1200	2400
Condensadores Cerámicos 50v	4	50	200
Trimers	6	1500	9000
Conectores borneras	11	700	7700
Conector molex	1	2500	2500
Conector Molex menor	2	1200	2400
Cable ribbon	$\frac{1}{2}$ m	4000	2000

Cables varios	3	1000	3000
Cable control 8 hilos	2 m	2500	5000
Termo encogible	2 m	600	1200
Baquelitas Cto impreso sobre medidas con antisolder y serigrafia	2 grandes 4pequeñas	80000	80000
Caja metálica C100	1	18500	18500
Cautín 24 V, con termocupla	1	25000	25000
Cañón de aire con turbina, termocupla y sensor	1	124000	124000
Termocupla tipo k	1	3000	3000
Base para cautín	1	4500	4500
imán	1	2000	2000
Fuente de poder ATX usada	1	10000	10000
Cable de poder	1	3000	3000
Capa impresa de vinilo laminado	1/3 m	15000	5000
Total			393636

El costo de mano de obra no esta estipulado las horas de ensamble de toda la parte física, independiente del diseño es de 28 horas-hombre aproximadamente.

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

- Se diseño y se elaboró una estación de soldado para elementos DIP, de superficie SMD y BGA, la cual se controla por microcontrolador, las funciones de control de temperatura deseadas son ajustables.
- Con el método de control PID para la temperatura tanto del calefactor de cautín como del cañón de aire se determinó la estabilidad del sistema para realizar la labor de soldado para cada instrumento
- El medio de lectura de la temperatura se estableció por medio del uso de termocupla con su debido acondicionamiento de señal por medio de Amplificador operacional de instrumentación para obtener una mayor sensibilidad y precisión
- El uso del display gráfico, el encoder y el software en microcontrolador permite que se conforme una interfaz optima y amigable para el uso de las herramientas.
- La creación de la zona externa con el uso de la herramienta permite vigilar la temperatura en el elemento a soldar y protege el mismo, a su vez las protecciones por software del no uso de las herramientas evita el desgaste de las mismas y ahorra energía.

3.2 Recomendaciones

Se puede proyectar la expansión de la funcionabilidad de la estación con la integración de partes externas para mejorar y complementar su trabajo, usando el puerto de comunicación SPI para enlazar sus funciones con otros microcontroladores para expandir las funciones así mismo se puede usar su fuente de poder para dar energía a otros dispositivos que la requieran y no excedan su consumo.

4. Anexos

Anexo 1

Encabezado Pic 18F4550 / Fuente elaboración propia

```
#include <18f4550.h> //se determina el tipo de microcontrolador

#fuses nowdt,noprotect,intrc,NOMCLR,nolvp, // reloj interno ,sin
perro guardian, sin reset

#device adc=10 //se define el conversor digital análogo a 10
bits

#use delay (clock = 8000000) //se establece el reloj a 8 Mhz

#include "HDM64GS12.c" // se llama la librería de la GLCD 128
x 64

#include "graphics.c" //Libreria para manejo de gráficos

#include <math.h> //Libreria matemática

#use standard_io (A,B,C,D,E)//Define los registros TRIS
automáticamente

#BYTE TRISE = 0X00 //asegura el puerto E como salida

#BYTE PORTE = 0X00 //pone las salidas del puerto E en estado
bajo

#define LAST_VOLUME 0

#define CAUTIN pin_B3
```

Anexo 2

Tabla de datos imagen a generar en el display / Fuente elaboración propia.

```
const INT8 imagen[64][16] =  
  
{  
    0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x08, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x18, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0x80, 0x00, 0x00, 0x0C, 0x30, 0x00, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0x80, 0x60, 0x00, 0x0C, 0x00, 0x00, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x18, 0x00, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x50, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x18, 0x3C, 0xF1, 0xE3, 0x8C, 0xF8, 0xF8, 0x0F, 0xCF, 0x80, 0x00, 0x38, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0x32, 0x62, 0x67, 0x4D, 0xDC, 0xFC, 0x1D, 0xDC, 0xC0, 0x01, 0x7C, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0x38, 0x60, 0x66, 0x0D, 0x8C, 0xCC, 0x18, 0xDF, 0xC0, 0x00, 0xFE, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x18, 0x1E, 0x63, 0xE6, 0x0D, 0x8C, 0xCC, 0x18, 0xDF, 0xC0, 0x05, 0xFF, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x18, 0x06, 0x66, 0x66, 0x0D, 0x8C, 0xCC, 0x19, 0xD8, 0x00, 0x03, 0xFF, 0x81,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0xA6, 0x76, 0x67, 0xCD, 0xFC, 0xCC, 0x1F, 0xDC, 0xC0, 0x17, 0xFF, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x1F, 0xBC, 0x73, 0xA3, 0xCC, 0xF8, 0xCC, 0x0F, 0x4F, 0x80, 0x0F, 0xFE, 0x81,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x5F, 0xFC, 0xC1,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x3F, 0xFA, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x7F, 0xF3, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xE8, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0xFF, 0xCC, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0xFF, 0xA0, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x30, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x76, 0x80, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x38, 0x00, 0xC0, 0xC0, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x3C, 0xC0, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7C, 0x00, 0xC0, 0xC0, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x1A, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0xE4, 0x00, 0xC0, 0xC0, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0xE0, 0x78, 0xC7, 0xC3, 0xC7, 0xCC, 0xC9, 0x9E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0xF0, 0xFC, 0xCF, 0xC4, 0xCF, 0xCC, 0xCF, 0xA6, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7D, 0xCE, 0xCC, 0xC0, 0xCC, 0xCC, 0xCE, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,  
    0x80, 0x1C, 0x00, 0x00, 0x1D, 0xCE, 0xCC, 0xC7, 0xCC, 0xCC, 0xCC, 0x3E, 0x00, 0x00, 0x0E, 0x01,  
    0x80, 0x7C, 0x00, 0x00, 0x0D, 0xCE, 0xCC, 0xCE, 0xCC, 0xCC, 0xCC, 0x76, 0x00, 0x00, 0x1F, 0x81,  
    0x81, 0xFE, 0x00, 0x00, 0x8C, 0xCC, 0xCC, 0xCC, 0xCD, 0xCC, 0xCC, 0x66, 0x00, 0x00, 0x1F, 0xC1,  
    0x83, 0xFF, 0x00, 0x00, 0xFC, 0xFC, 0xCF, 0xCF, 0xCF, 0xCF, 0xCC, 0x7E, 0x00, 0x00, 0x3F, 0xF1,  
    0x8F, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x78, 0x78, 0xC7, 0x87, 0x47, 0x47, 0x4C, 0x3A, 0x00, 0x00, 0x3F, 0xF9,  
    0x9F, 0xFF, 0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7F, 0xFD,  
    0x87, 0xFF, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xF9,  
    0x83, 0xFF, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xF1,  
    0x80, 0xFF, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xC1,  
    0x80, 0x7F, 0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7F, 0x81,  
    0x80, 0x1F, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFE, 0x01,  
    0x80, 0x1F, 0xE0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0xFE, 0x01,  
    0x80, 0x7F, 0xF0, 0x00, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0x81,  
    0x80, 0x7F, 0xF8, 0x07, 0xE6, 0x00, 0x00, 0x00, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x07, 0xFF, 0x01,  
    0x80, 0x1F, 0xFC, 0x07, 0xE6, 0x00, 0x00, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0F, 0xFE, 0x01,
```

```

0x80, 0x0F, 0xFC, 0x07, 0x06, 0x00, 0x01, 0xE0, 0x00, 0x20, 0x00, 0x00, 0x00, 0x1F, 0xF8, 0x01,
0x80, 0x03, 0xFC, 0x07, 0x06, 0x7E, 0x79, 0xE9, 0x9F, 0x3E, 0x31, 0xC3, 0xC0, 0x0F, 0xF0, 0x01,
0x80, 0x01, 0xF8, 0x07, 0xE6, 0xE6, 0xE4, 0xCF, 0xBB, 0xBF, 0x33, 0xA4, 0xC0, 0x07, 0xE0, 0x01,
0x80, 0x00, 0xFC, 0x07, 0xE6, 0xFE, 0xC0, 0xCE, 0x31, 0xB3, 0x33, 0x00, 0xC0, 0x0F, 0xC0, 0x01,
0x80, 0x01, 0xFC, 0x07, 0x06, 0xFE, 0xC0, 0xCC, 0x31, 0xB3, 0x33, 0x0F, 0xC0, 0x0F, 0xE0, 0x01,
0x80, 0x01, 0xFE, 0x07, 0x06, 0xE0, 0xC0, 0xCC, 0x31, 0xB3, 0x33, 0x0C, 0xC0, 0x1F, 0xE0, 0x01,
0x80, 0x00, 0x7F, 0x07, 0xE6, 0x7E, 0xFC, 0xEC, 0x3F, 0x33, 0x33, 0xEC, 0xC0, 0x3F, 0x80, 0x01,
0x80, 0x00, 0x3F, 0x07, 0xE6, 0x3E, 0x78, 0x6C, 0x1E, 0x33, 0x31, 0xE7, 0x40, 0x3F, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x0F, 0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7C, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x07, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xF8, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x01, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0xE0, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0xE0, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0xC0, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x30, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x02, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,
0x80, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,
0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF
};

```

Anexo 3

Rutina para despliegue de imagen en pantalla , / Fuente elaboración propia

```

void glcd_imagen()
{
    CHAR i, j;
    SIGNED char k;
    FOR (i = 0; i < 64; i ++)
    {
        FOR (j = 0; j < 16; j ++)
        {
            FOR (k = 7; k > - 1; k--)
            {
                IF (bit_test (imagen[i][j], 7 - k) )
                    glcd_pixel (j * 8 + k, i, ON) ;
            }
        }
    }
}

void glcd_imagen2 ()
{

```

```

CHAR i, j;
SIGNED char k;
FOR (i = 0; i < 64; i ++)
{
    FOR (j = 0; j < 16; j ++)
    {
        FOR (k = 7; k > - 1; k--)
        {
            IF (bit_test (imagen2[i][j], 7 - k) )
                glcd_pixel (j * 8 + k, i, ON) ;
        }
    }
}

```

Anexo 4

Código para manejo del encoder

```

void delay_encoder ()
{
    delay_ms (10);
}

//////////BOTON ENCODER//////////
void bot_encoder ()
{
    IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 0)
    {
        delay_encoder ();

        IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 1)
        {
            ENCODER = 0x01; //pone encoder con uno para decir up
            delay_encoder ();
        }

        IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 0)
        {
            ENCODER = 0x02; //pone encoder con dos para decir down
            delay_encoder ();
        }
    }
}

//-----
- IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 1)
{
    delay_encoder ();

    IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 1)
    {
        ENCODER = 0x01; //pone encoder con uno para decir up
    }
}

```

```

        delay_encoder ();
    }

    IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 0)
    {
        ENCODER = 0x02; //pone encoder con dos para decir down
        delay_encoder ();
    }
}
//-----
-
IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 1)
{
    delay_encoder ();

    IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 0)
    {
        ENCODER = 0x01; //pone encoder con uno para decir up
        delay_encoder ();
    }

    IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 1)
    {
        ENCODER = 0x02; //pone encoder con dos para decir down
        delay_encoder ();
    }
}
//-----
-
IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 0)
{
    delay_encoder ();

    IF (input (PIN_B7,) == 0&&input (PIN_B6) == 0)
    {
        ENCODER = 0x01; //pone encoder con uno para decir up
        delay_encoder ();
    }

    IF (input (PIN_B7,) == 1&&input (PIN_B6) == 1)
    {
        ENCODER = 0x02; //pone encoder con dos para decir down
        delay_encoder ();
    }
}
}
}

```

Anexo 5

Rutina para los botones / Fuente elaboración propia.

```

void bot_ones ()
{
    setup_adc_ports (ALL_ANALOG);

```

```

setup_adc (ADC_CLOCK_INTERNAL);
set_adc_channel (4); //habilitacion canal
delay_us (20);
q = read_adc ();
setup_adc_ports (OFF);
key = (q);
voltbot = ( (key * 488) / 100); // convierte el voltaje en mv
IF ((voltbot >= 4523) && (voltbot <= 4568) )
{
    boton = 0;
}
IF ((voltbot >= 4472) && (voltbot <= 4522) )
{
    boton = 9;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 4410) && (voltbot <= 4471) )
{
    boton = 8;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 4331) && (voltbot <= 4409) )
{
    boton = 7;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 4226) && (voltbot <= 4330) )
{
    boton = 6;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 4083) && (voltbot <= 4225) )
{
    boton = 5;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 3875) && (voltbot <= 4082) )
{
    boton = 4;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 3542) && (voltbot <= 3874) ) // aire
{
    boton = 3;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 2917) && (voltbot <= 3541) ) //cautin
{
    boton = 2;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 1250) && (voltbot <= 2916) ) //select
{
    boton = 1;
    delay_ms (700);
}
IF ((voltbot >= 0) && (voltbot <= 1249) ) //power
{
    boton = 10;
    delay_ms (700);
}

```

```
}
```

Anexo 6

```
void medir_cautin () //mide temperatura cautin y la muestra en pantalla
{
    setup_adc_ports (ALL_ANALOG);
    setup_adc (ADC_CLOCK_INTERNAL);
    set_adc_channel (0); //habilitacion canal 0
    delay_us (20);
    q = read_adc (); //lectura canal 0
    setup_adc_ports (OFF);
    VOLTCAUT=q;
    voltcaut = (voltcaut*48828)/10000;
    v=voltcaut;
    vv= (v*v*v*9)/1000000;
    vv=vv/1000000; // (v^3)*(9^-12)
    vv= (v*v*5)/10000000; // (v^2)*(5^-7)
    eq=((0.1098*v)+1.5427));
    eq =eq-vv-vv;
    tempcautin=eq;
    p = p + 1;
    IF (p == 6 && menu == 1)
    {
        if ((tempcautin != tempcautinc )&& ENCODER == 0x00 )
        {
            glcd_rect (10, 35, 52, 48, 1, 0); //rectangulo en blanco borra num ant
            sprintf (TXTVAR, "%Lu", tempcautin) ;
            glcd_text57 (12, 35, TXTVAR, 2, 1);
            delay_ms (100);
            tempcautinc=tempcautin;
        }
        p = 0;
    }
}
```


Anexo 7

Código PID cautín /Fuente elaboración propia

```
void control_cautin ()    //control PID

{

output_high (CAUTIN);

//////////pwm

    temp_limit_c = var1;

    yT=tempcautin;

    rT=temp_Limit_c;

    eT=rT-yT;    //calcula el error

    iT=b*eT+iT0 ; //calcula el termino integral

    dT=c*(eT-eT0); //calculo termino derivativo

    uT=iT+a*eT+dT; //salida pid

    if (uT>max)

    {

        uT=max ;

    }

    else

    {

        if (uT<min){

            uT=min;

        }

    }

    control=uT;

    setup_ccp1 (ccp_pwm);           //prende el módulo ccp1

    set_pwm1_duty(control);         //pone el ciclo útil

    iT0=iT;

    eT0=eT;

    delay_us (1);
```

```
}
```

Anexo 8

Código con corrección del PID . /Fuente elaboración propia

```
void control_cautin () //control PID
{
  output_high (CAUTIN);
  //////////////////////////////////////////////////pwm
  temp_limit_c = var1;
  yT=tempcautin;
  rT=temp_Limit_c;
  eT=rT-yT; //calcula el error

  if (eT > 30)
  {
    eT = 30;
  }
  if (eT < -100.0)
  {
    iT0=0;
  }

  iT=b*eT+iT0 ; //calcula el termino integral
  dT=c*(eT-eT0); //calculo termino derivativo
  uT=iT+a*eT+dT; //salida pid
  if (uT>max)
  {
    uT=max ;
  }
  else
  {
    if (uT<min){
      uT=min;
    }
  }
  control=uT;
  setup_ccp1 (ccp_pwm); //prende el módulo ccp1
  set_pwm1_duty(control); //pone el ciclo útil
  iT0=iT;
  eT0=eT;

  delay_us (1);
}
```

Anexo 9

Rutina control PID Cañón Fuente elaboración propia

```
void medir_canon () //mide temperatura cañon de aire y la muestra en pantalla
{
```

```

    setup_adc_ports (ALL_ANALOG);
    setup_adc (ADC_CLOCK_INTERNAL);
    set_adc_channel (1); //habilitacion canal 1
    delay_us (20);
    q = read_adc (); //lectura canal 1
    setup_adc_ports (OFF);
    VOLTCANON=q;
    voltcanon = (voltcanon*48828)/10000; //
    v=voltcanon;
    vvv= (v*v*v*2)/1000000;
    vvv=vvv/10000; // (v^3)*(2^-10)
    vv= (v*v*v*3)/10000000; // (v^2)*(5^-7)
    eq=((0.1301*v)+1.9497));
    eq =eq-vvv-vv;
    tempcanon=eq;
    p = p + 1;
    IF (p == 6 && menu == 2)
    {
        if ((tempcanon != tempcanonc) && ENCODER == 0x00 )
        {
            glcd_rect (10, 35, 52, 48, 1, 0); //rectangulo PARA BORRAR
            sprintf (TXTVAR, "%Lu", tempcanon) ;
            glcd_text57 (12, 35, TXTVAR, 2, 1);
            delay_ms (100);
            tempcanonc=tempcanon;
        }
        p = 0;
    }
}

```

Anexo 10

Código PID Cañón Fuente elaboración propia.

```

void control_canon () //control PID
{
    //////////////////////////////////pwm

```

```

temp_limit_ccn = var1cn;

yT=tempcanon;

rT=temp_limit_ccn;

eTcn= rT-yT;    //calcula el error en flotantes
if (eTcn > 50)
{
    eTcn = 50;
}
if (eTcn < -30.0)
{
    iT0cn=0;
}

iTcn=bcn*eTcn+iT0cn ; //calcula el termino integral
dTcn=ccn*(eTcn-eT0cn); //calculo termino derivativo
uTcn=iTcn+(acn*eTcn)+dTcn; //salida pid
if (uTcn>max)
{
    uTcn=max ;
}
else
{
    if(uTcn<min){
        uTcn=min;}
}

control=uTcn;

setup_ccp2 (ccp_pwm);                //prende el modulo ccp1

```

```

    set_pwm2_duty(control);    //pone el ciclo util

    iT0cn=iTcn;

    eT0cn=eTcn;


    delay_us (1);

}

```

Anexo 11

Configuración código PWM Aire Fuente relaboración propia

```

setup_timer_2(t2_div_by_1,49,1); //  $T = (49 + 1) * 4 * 0,25\mu s * 1 = 50\mu s$ 


if (statuspwm == 1)
{
    setup_ccp1 (ccp_pwm);    //prende el modulo ccp1
    set_pwm1_duty(duty);    //pone el ciclo util
}

if (statuspwm == 0)
{
    setup_ccp1 (ccp_off);    //apaga el pwm
    output_low (pin_B3);    //pone en cero la salida del pwm
}

```

5. Bibliografía

Microchip Technology Inc. (2009). *18fx455-x550*.

AliExpress. (2018). *Geeetech Electronics Flagship Store*. Obtenido de Geeetech Electronics Flagship Store.

Analog Devices. (s.f.). *Sparkfun.com*. Obtenido de Sparkfun.com:
<https://www.sparkfun.com/datasheets/IC/AD595.pdf>

Autodesk. (2018). *Autodesk.com*. Obtenido de
<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>

B2Bcolombia EU. (2018). *mercadolibre colombia*. Obtenido de mercadolibre colombia:
https://http2.mlstatic.com/cautin-de-repuesto-para-estaciones-de-calor-baku-punta-fina-D_NQ_NP_1457-MCO4371352096_052013-F.webp

bitmap2lcd. (2006). *bitmap2lcd*. Obtenido de bitmap2lcd: <http://bitmap2lcd.com/blog>

Breijo, E. G. (2008). Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. En E. G. Breijo, *Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC* (pág. 276). Mexico: Alfaomega grupo Editor.

Clasf Argentina. (2018). *clasf.com*. Obtenido de clasf.com: <https://www.clasf.com.ar/q/estacion-soldado/>

Custom Computers Services inc. (2018). *Custom Computers Services*. Obtenido de Custom Computers Services: <http://www.ccsinfo.com/content.php?page=compilers>

Diotronic. (s.f.). *diotronic.com*. Obtenido de diotronic.com: https://diotronic.com/encoder-rotativo-24-pulsos-6mm_29319/

domoticx. (2018). *domoticx.com*. Obtenido de domoticx.com: <http://domoticx.com/font-en-bitmap-converter-voor-lcd-displays/>

Microchip. (2018). *microchip.com*. Obtenido de microchip.com: <https://www.microchip.com>

productwell. (2015). *Productwell.com*. Obtenido de Productwell.com: www.productwell.com

SonyVideo Bogota. (2018). *Sony Video*. Obtenido de Sony Video:
<http://sonyvideo.co/producto/estacion-soldadura-wep-898-bd/>

Spectris Company. (2003-2018). *es.omega.com*. Obtenido de es.omega.com:
<https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>

Suescun Pinto, J. A. (11 de 2018). Código , Pic 18f4550.

tecnologiademontajesuperficial. (15 de 12 de 2017). *tecnologiademontajesuperficial.es*. Obtenido de sirmfy@sidor.com: <https://tecnologiademontajesuperficial.es.tl/-k1-BGA-k2-BALL-GRID-ARRAY-.htm>

Texas Instruments. (1999). *Ti.com*. Obtenido de Ti.com: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf347-n.pdf>

Unisonic Technologies Co.LTD. (2012). *24N50 Power Mosfet*. Unisonic Technologies.

Vishay. (2018). *vishay.com*. Obtenido de Vishay.com: <https://www.vishay.com/docs/37329/37329.pdf>

JASP **ELECTRONICA**

ESTACION DE SOLDADURA

Manual de uso



Contenido

Acerca de este dispositivo	3
Ubicación y Partes.....	3
Descripción.....	4
Partes externas.....	5
CAUTÍN	5
CAÑON.....	5
TERMOPAR Tipo K	6
BASE PARA CAUTÍN	6
MODO DE USO.....	7
Función cautín	8
Función Cañón	9
Ajuste de aire	10
Zona externa.....	11
Seguridad	11
Avisos sonoros.....	12
Características	13

Acerca de este dispositivo

Esta es una estación de soldado multifuncional de sobremesa diseñada para realizar trabajos de reparación y ensamble en las ramas de electrónica, para realizar desoldado y soldado con estaño a diferentes componentes electrónicos. Realizando soldadura de contacto con el cautín y sin contacto con el cañón de aire caliente, permitiendo realizar ajuste en la temperatura de ambos y ajuste de nivel de aire. Almacenaje interno de los niveles de temperatura y flujo de aire seleccionados, medición de zona externa para diversos usos y control de temperatura a alcanzar en dicha zona, sistemas de protección de temporizado por falta de uso de cada calefactor, con un menú interactivo y practico para su configuración y uso por medio de display gráfico.

Ubicación y Partes



Descripción

Nombre	Descripción
Led de Standby	Indicador de conexión se ilumina cuando está apagado
Botón de encendido	Enciende y apaga la unidad
Led Pot de Cañón	Indica la potencia entregada al cañón
Conector del Cañón	Conector para el Cañón
Botón D. Cañón	Enciende la unidad y la pasa a la función de cañón directamente o pasa a esta función si se encuentra en otra.
Led Pot de Aire	Indica la potencia entregada al aire
Conexión Termopar	Conector para termopar tipo k función en la zona externa
Conector Cautín	Conector para el cautín
Led Pot Cautín	Indica la potencia entregada al cautín
Botón rotatorio de ajuste	Para ajustar las temperaturas deseadas de cautín, cañón, Aire. A la derecha incrementa, a la izquierda disminuye.
Botones navegación menús	Se usan según lo indicado en la pantalla frente a cada uno: Acceder a cautín, ir atrás, acceder a cañón a aire, auto 1,2,3, atrás y cancelar
Base para el cañón	Base para colocar el cañón activa el sensor de seguridad

Partes externas

CAUTÍN



Cautín punta intercambiable 50 W, hasta 500 °C, con sensor de temperatura interna, sensor magnético interno.

CAÑON



Cañón de aire con sensor de temperatura interno, turbina de aire 124LPM , sensor magnético interno, Calefactor de 350W hasta 500 °C.

TERMOPAR Tipo K



Termopar tipo K para medición de la zona externa

BASE PARA CAUTÍN



Base metálica con fijación magnética y activación del sensor del cautín para seguridad.

MODO DE USO

Al encender la unidad con el botón de encendido se enciende la pantalla, luego de iniciar, aparece en el menú principal en el cual se puede acceder a la función requerida, bien sea por los botones frente a cada función o los directos mencionados la sección anterior:



Función cautín

Al estar en esta función, se activa el cautín, se puede ajustar la temperatura con el botón rotatorio, hacia la derecha incrementa y hacia la izquierda disminuye, con el botón superior regresa al menú principal con el cautín encendido, con el tercero desactiva el cautín y egresa al menú principal, si aparece en la parte superior un reloj es que esta activo el temporizado de seguridad por estar el cautín en la base y no estar en uso:



Función Cañón

Al estar en esta función, se activa el cañón, se puede ajustar la temperatura con el botón rotatorio, hacia la derecha incrementa y hacia la izquierda disminuye, con el botón superior regresa al menú principal con el cautín encendido, con el tercero desactiva el cautín y egresa al menú principal, si aparece en la parte superior un reloj es que esta activo el temporizado de seguridad por estar el cañón en la base y no estar en uso, Con el segundo botón accede al ajuste de aire :



Ajuste de aire

En esta función se puede ajustar el nivel de aire por medio del botón rotatorio incrementado y decrementándolo, con el botón superior se regresa al menú de función de cañón, con el tercero desactiva el cañón.



Nota: Al desactivar el cañón este apaga la potencia y deja de calentar, el aire continua encendido a máxima potencia hasta que este se encuentre a una temperatura segura para el usuario.

Zona externa

En esta función se puede tomar temperatura por medio de la termocupla para verla o al activar el modo automático (1,2,3) se enciende el aire, en estos modos se ajusta automáticamente la temperatura a un nivel superior al deseado para compensar la distancia entre la boquilla del cañón y el elemento a soldar. Con el botón superior se regresa al menú principal, con el del centro activa los modos automáticos o los desactiva, con el inferior lo desactiva y regresa al menú principal.



Seguridad

El equipo cuenta con varios sistemas de protección tanto física como por software ,por medio físico , se tiene protección por fusible , e internamente desactivación de la potencia del cañón por relay, por software si se encuentra en una temperatura muy superior a la deseada se activa la alarma y se apaga la unidad , en cuanto al olvido del equipo y quedarse encendido si se encuentran los transductores tanto el cañón o el cautín en sus bases corre un temporizado para que se pase a una

temperatura baja y luego de otro intervalo de tiempo se desactiva el equipo , también como se explicó anterior mente a al apagar el equipo y si está el cañón caliente , se activa el aire a el máximo y la unidad se apaga hasta u que el cañón se encuentre a una temperatura segura para el usuario.



Avisos sonoros

Al pulsarse un botón se emite un tono sonoro, al estar en una temperatura estable alrededor de ± 3 grados de la deseada se emite un tono dual cada minuto y 15 segundos aproximadamente. Al activarse la alarma por sobrepaso excesivo de la temperatura se emite un tono doble y prolongado hasta apagar la unidad.

CARACTERÍSTICAS

Voltaje de alimentación	110 v Ac 60 Hz	
Consumo	Max 400W	Min 1.23W
Temperaturas controladas PID:	Min	Max
Cautín	60°C	500°C
Cañón de aire	60°C	500°C
Flujo de aire Aprox. (no lineal)	45 LPM	120 LPM
Medición Zona externa	30°C	700°C
Dimensiones: Ancho:	32,5 cm	
Alto	12 cm	
Fondo	23 cm	
Peso (sin accesorios)	2450 g	
Con accesorios	2900 g	



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

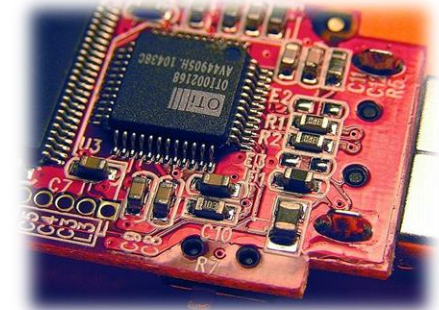
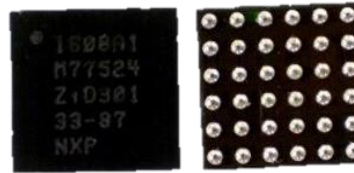
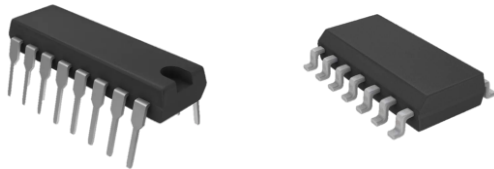
ECBTI-JAG-BioVolta

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE
UNA DE ESTACIÓN DE SOLDADURA PARA
ELEMENTOS DIP, SMD Y BGA**

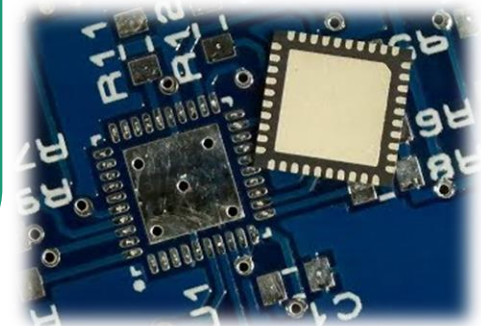
Jhon Alexander Suescún Pinto

Bogotá Diciembre 2018

Problema



La evolución tecnológica a incrementado la necesidad de disponer de las herramientas para poder realizar los trabajos requeridos en reparación y montaje de equipos de cómputo, entretenimiento, audio, video y diversos circuitos en los que en la actualidad se usan tecnologías de DIP ,SMD y BGA



Justificación



Las herramientas para tal fin existentes varían en su tecnología y precisión así como en el costo , las de mas practicidad, calidad y precisión son de mas difícil obtención por parte de centros de servicio y reparadores.

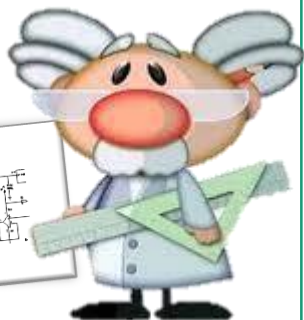
Al elaborar una estación que brinde control digital en temperatura con materiales y partes existentes en el mercado común se brinda una opción asequible y de calidad



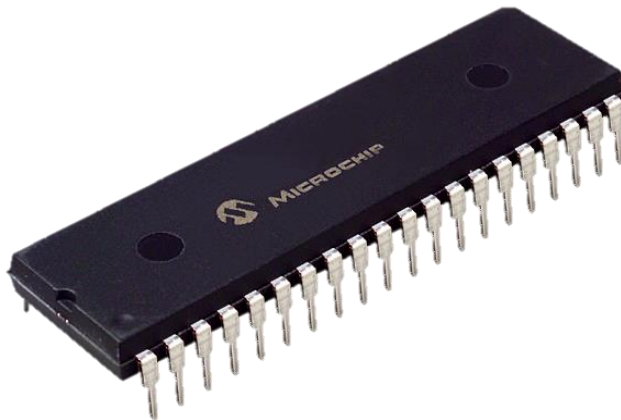
Por medio del método no experimental con un enfoque mixto se observa el comportamiento de las variables cualitativas y cuantitativas que intervienen en el proceso de soldado para su control, tanto las variables físicas de los elementos a soldar como las térmicas requeridas para realizar la labor de soldado y desoldado.



- Seleccionar el método de control de los elementos calefactores
- Establecer el medio de lectura de la temperatura del circuito o elemento a soldar.
- Realizar una interfaz amigable con el usuario para su visualización y ajuste.
- Brindar un sistema de protección y control de los medios externos e internos.

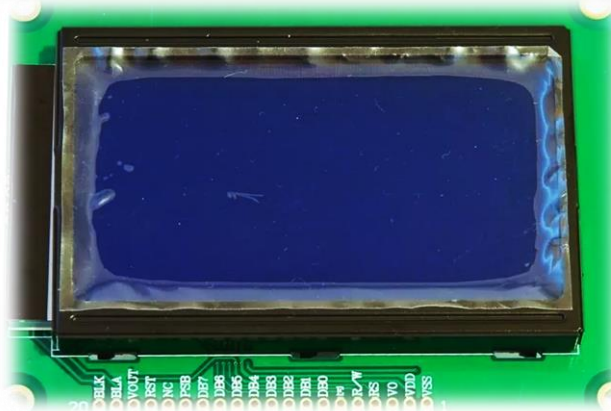
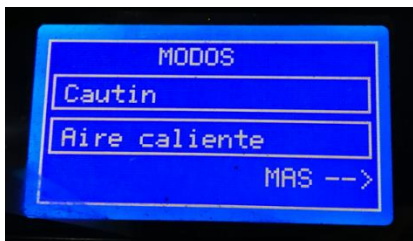


Sistema de Control



- *PIC 18F4550*
- *OSC interno 8MHZ*
- *32K de memoria FLASH*
- *2Kb de memoria SRAM*
- *256 Bytes de EEPROM*
- *ADC 10 Bits 13 Canales*
- *USART, SPI*

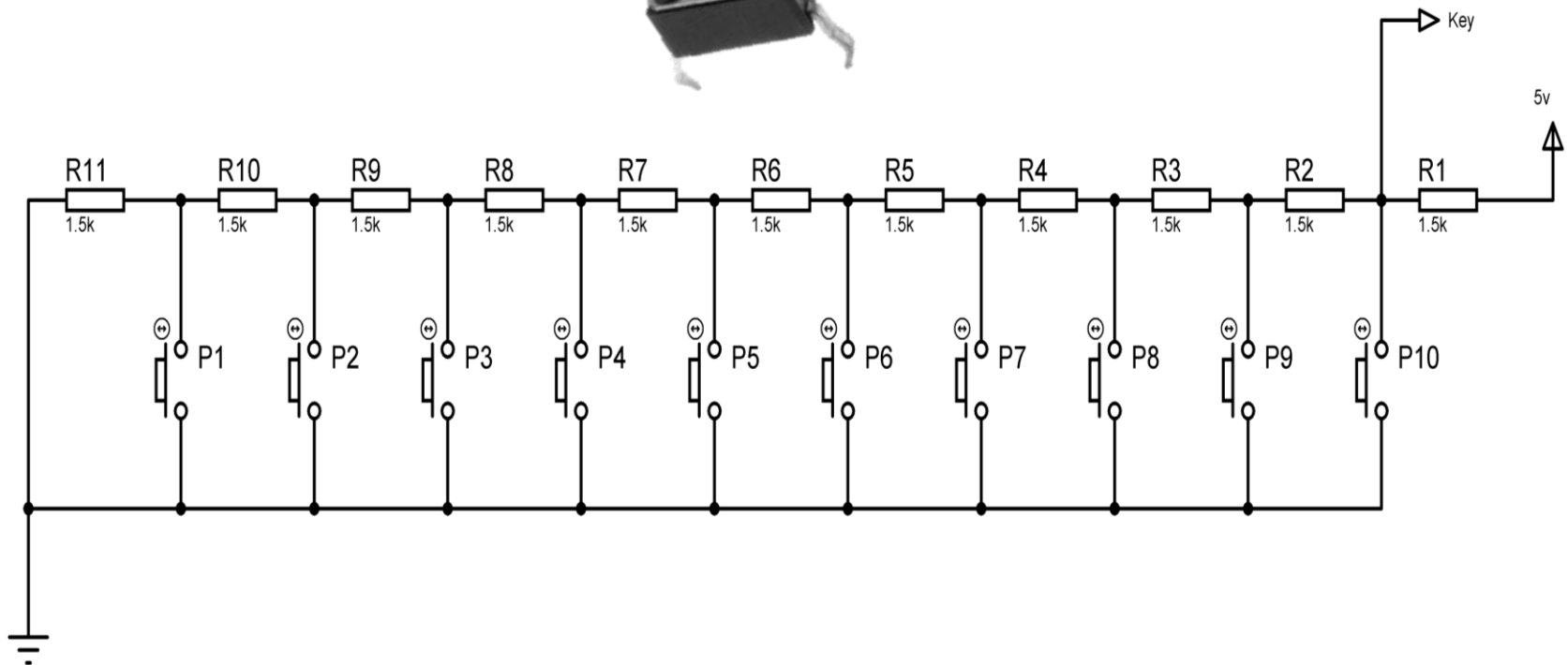
Display Gráfico



Display Gráfico
128 * 64

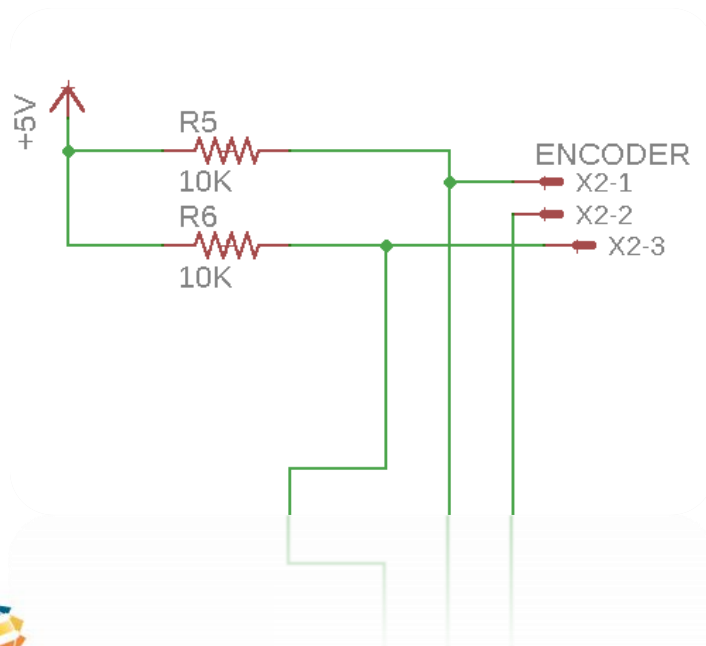


Botonera de pulsadores a una sola línea



ENCODER

Para ajustes de Incremento y decremento

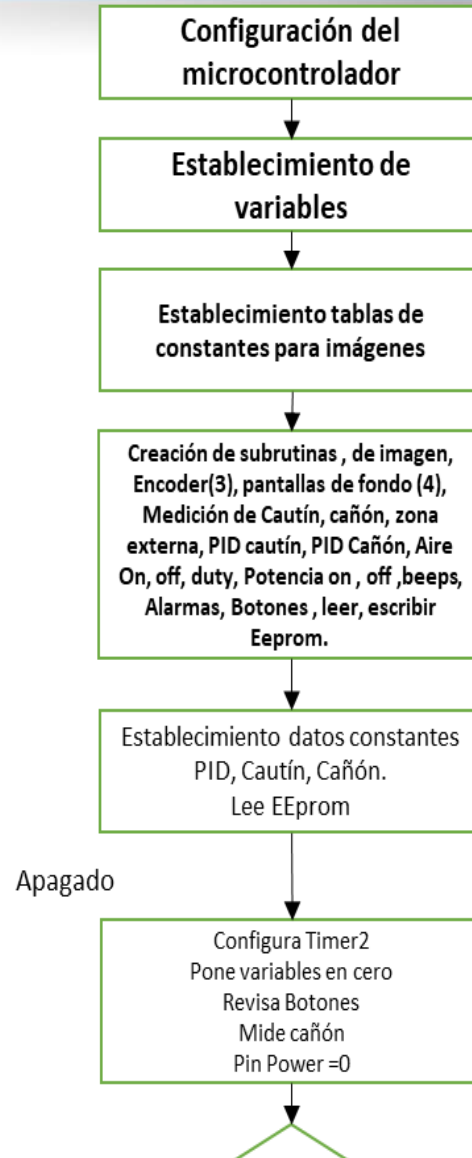


ENCODER				
Sentido de giro	CW		CCW	
Pines de salida	B7	B6	B7	B6
DATOS	0	0	0	0
	0	1	1	0
	1	1	1	1
	1	0	0	1

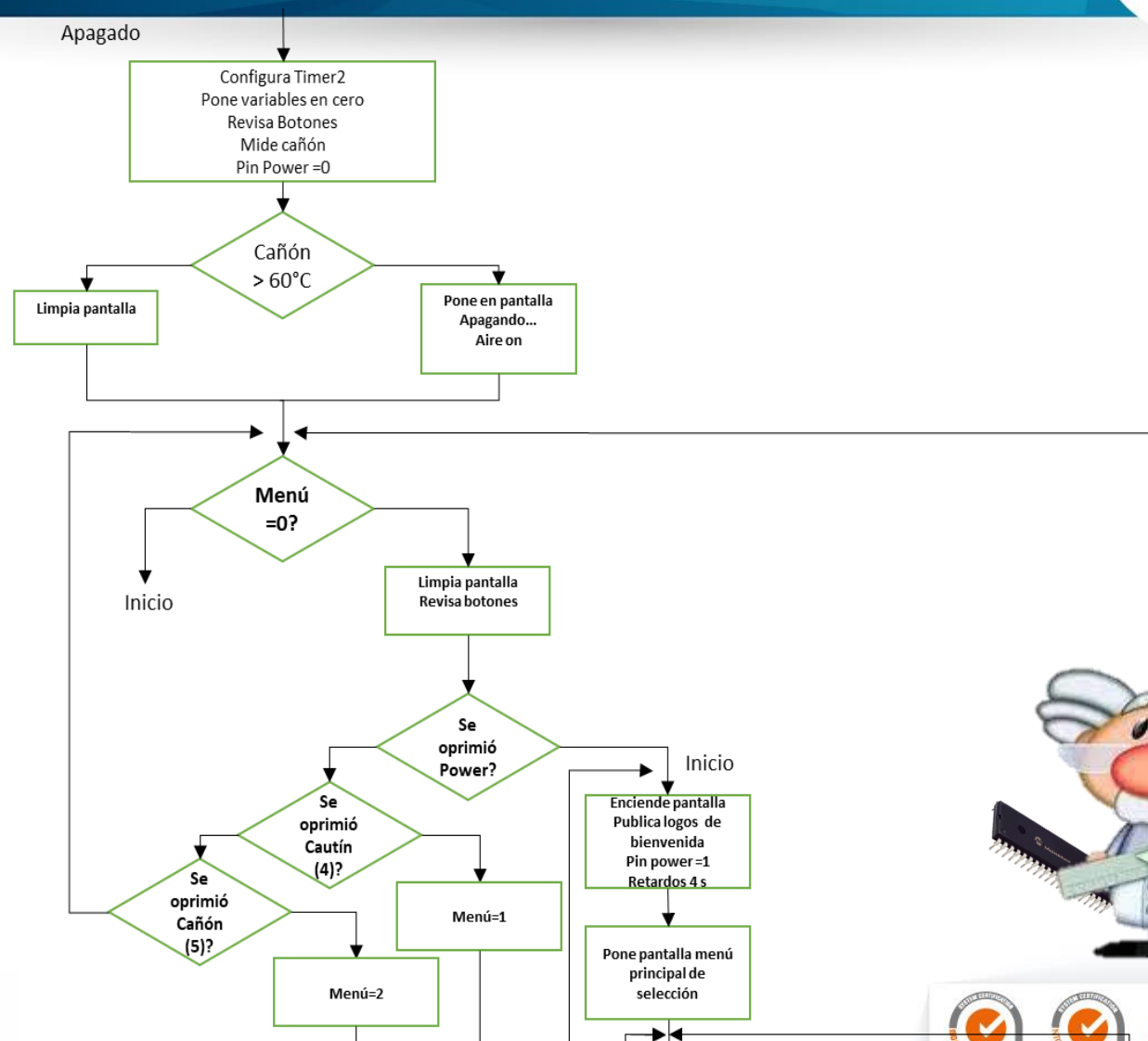
The logo of the Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) is displayed. It features a stylized 'U' in blue and 'NAD' in yellow, with a series of orange dots forming an arc above the letters. Below the letters, the text 'Universidad Nacional' is written in blue, and 'Abierta y a Distancia' is written in orange. The logo is set against a white circular background with colorful geometric shapes in the corners.



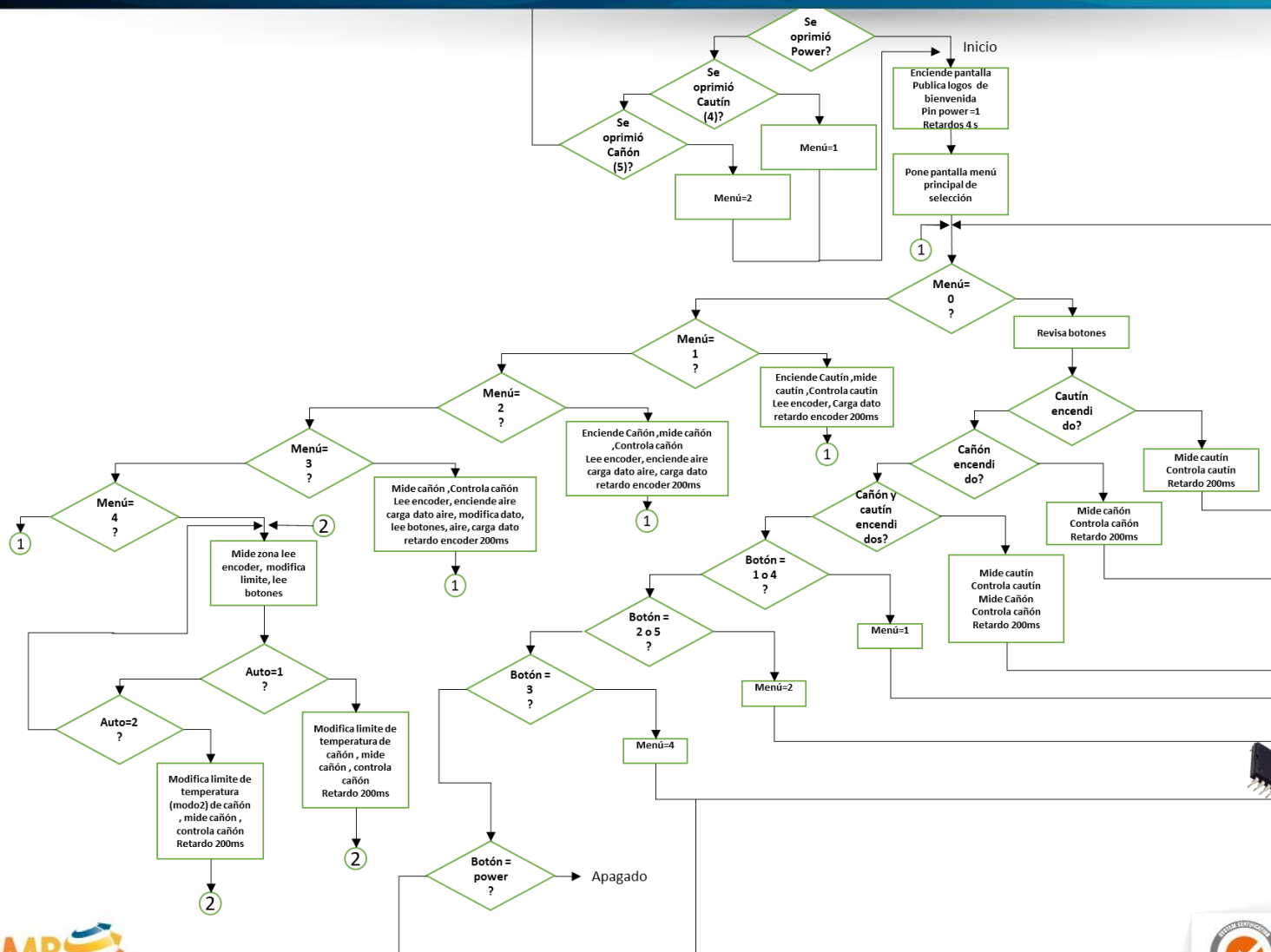
Sistema de Control



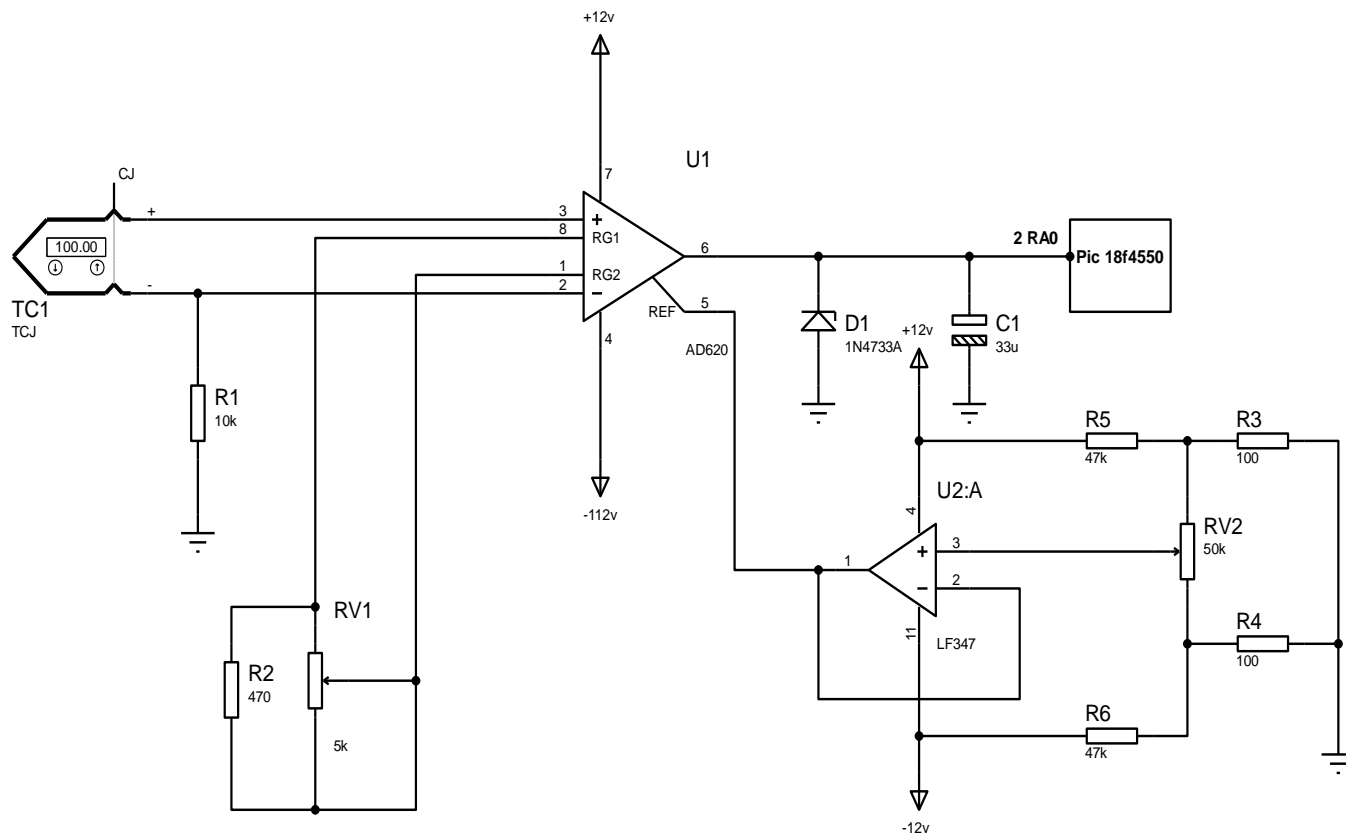
Sistema de Control



Sistema de Control



Medición de la temperatura



$$G = \frac{49,4K}{R_g + 1}$$

Despejando R_g

$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{G - 1}$$

Reemplazando:

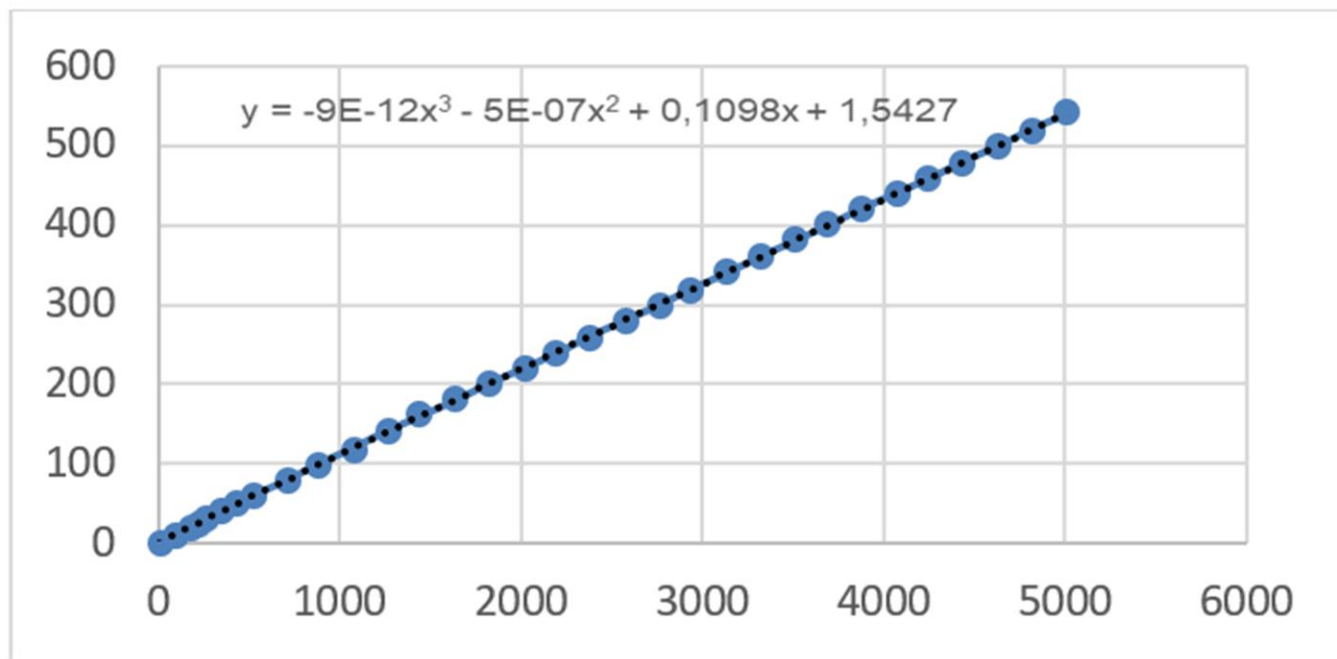
$$R_g = \frac{49,4K\Omega}{169 - 1}$$

$$R_g = 294\Omega$$

Linealización de la Termocupla

Voltaje en mV Ganancia 169	Temperatura
0	0
85,683	10
172,211	20
215,813	25
259,584	30
347,802	40
436,865	50
526,435	60
707,434	80
890,292	100
1074,671	120
1260,233	140
1446,64	160
1633,723	180
1821,313	200
2008,903	220
2196,662	240
2384,252	260
2571,673	280
2758,925	300
2946,008	320
3132,753	340
3319,16	360
3505,567	380
3691,974	400
3878,381	420
4065,126	440
4252,209	460
4439,968	480
4628,572	500
4818,359	520
5009,498	540

Figura 2-26 termocupla con línea de tendencia



$$y = -9^{-12}x^3 - 5^{-7}x^2 + 0,1098x + 1,5427$$

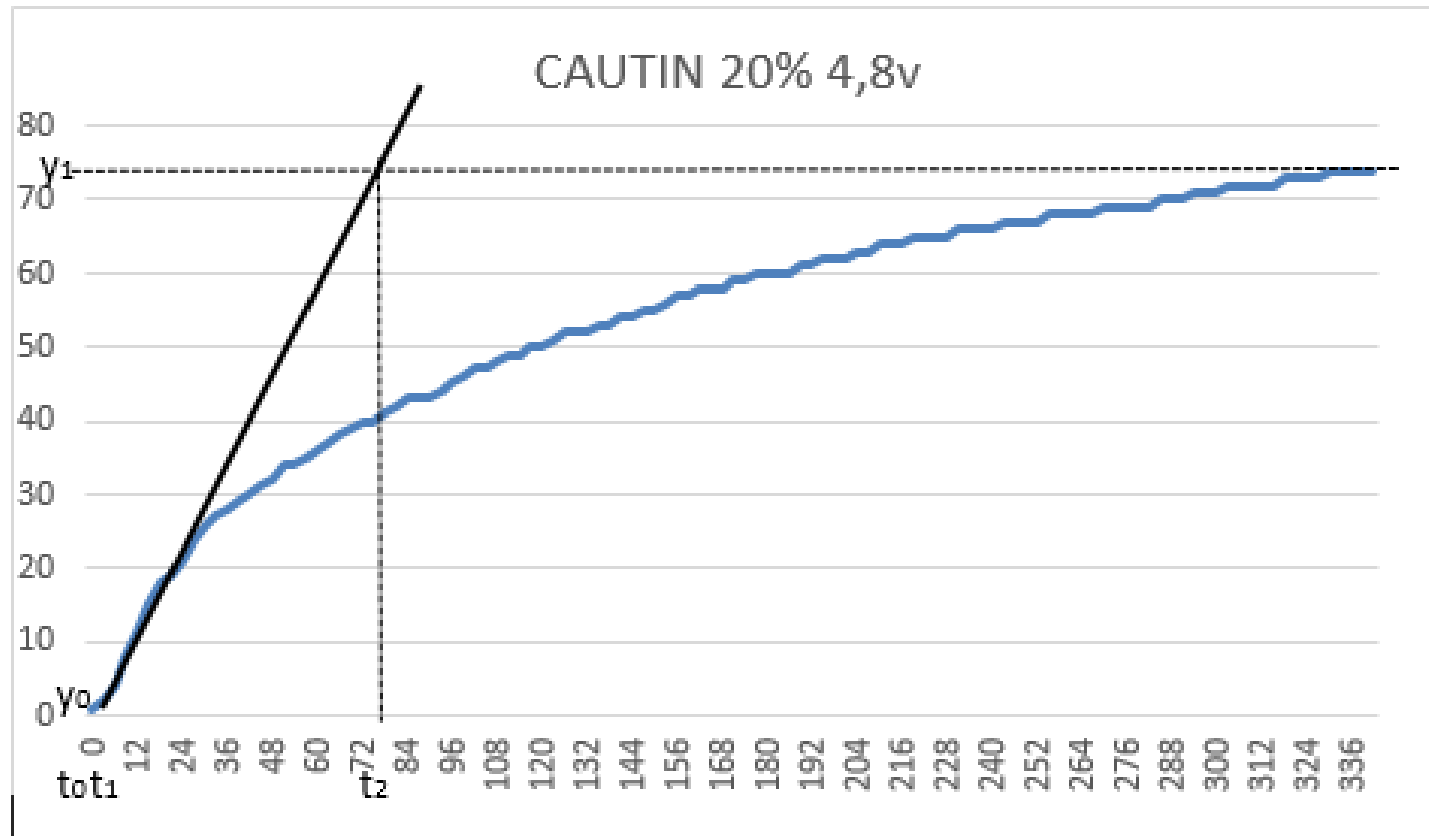
MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS

$$u(t) = k_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + k_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

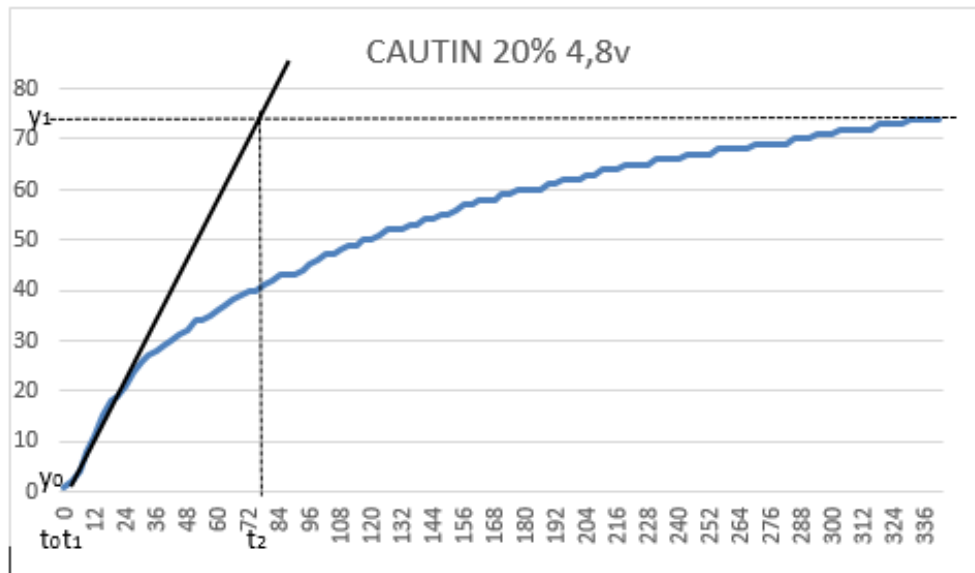
$$U(s) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] E(s)$$

$$G(s) = \frac{k_0 \cdot e^{st_0}}{1 + sy_0}$$

MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS



MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS



$$t_0 = 1 \quad t_1 = 2 \quad t_2 = 78$$

$$y_0 = 2 \quad y_1 = 74$$

$$U_0 = 0 \quad U_1 = 4,8$$

MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS

$$T_0 = t_1 - t_0$$

$$T_0 = 2 - 1$$

$$T_0 = 1$$

$$Y_0 = t_2 - t_1$$

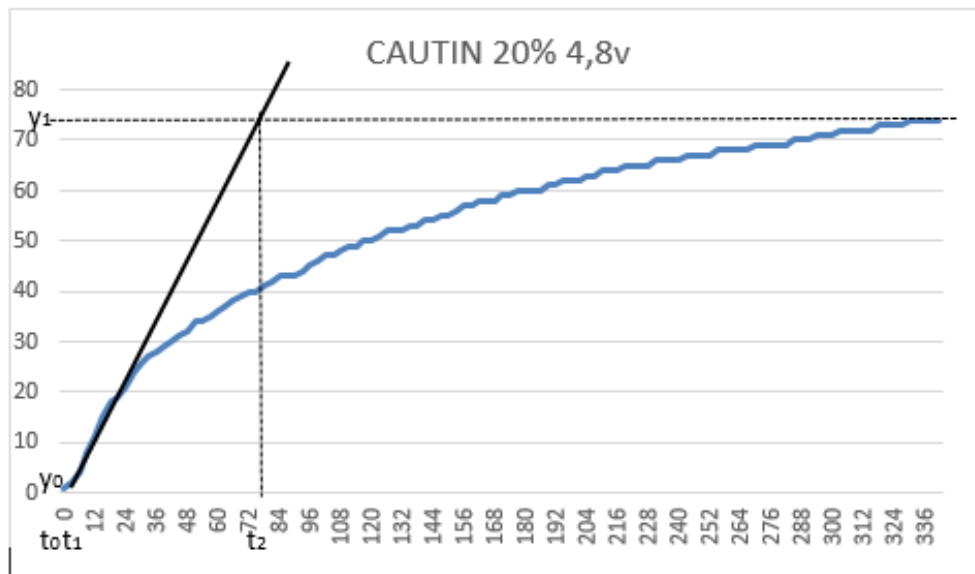
$$Y_0 = 78 - 2$$

$$Y_0 = 76$$

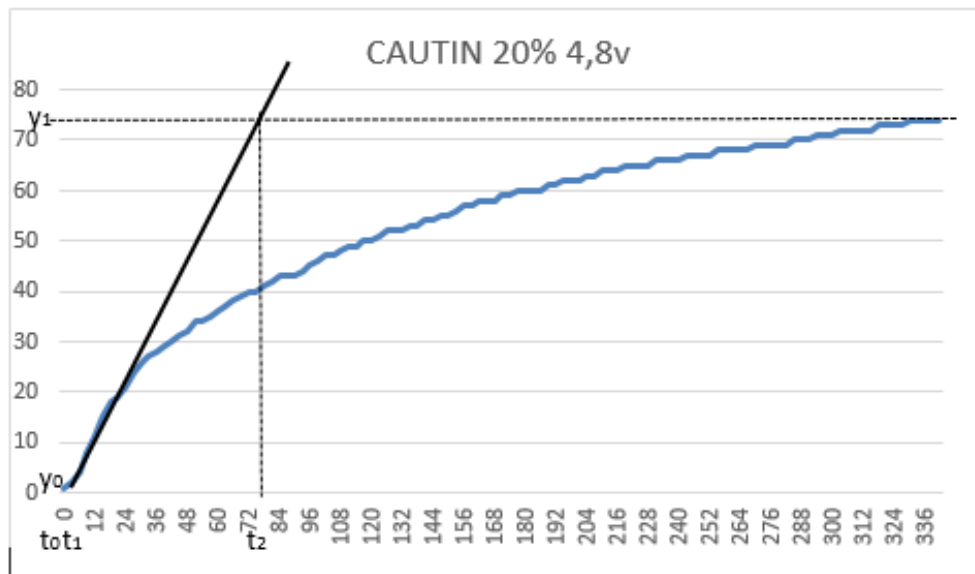
$$K_0 = \frac{y_1 - y_0}{U_1 - U_0}$$

$$K_0 = \frac{74 - 2}{4,8 - 0}$$

$$K_0 = 15$$



MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS



$$K_p = \frac{1,2 * Y_0}{K_0 * T_0}$$

$$T_i = 2 * T_0$$

$$T_d = 0,5 * T_0$$

MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS

$$K_p = \frac{1,2 * 76}{15 * 1} = 6,08$$

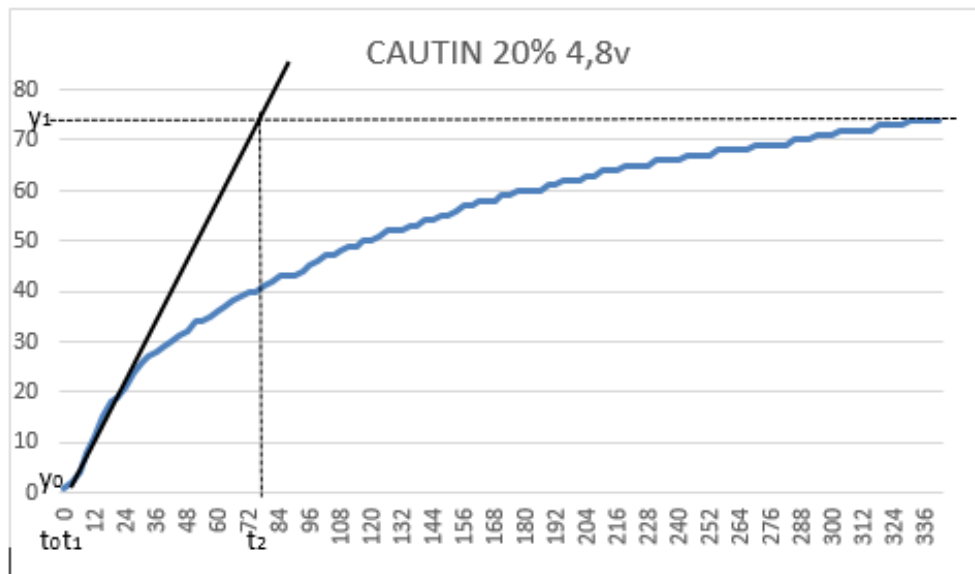
$$K_p = 6,08$$

$$T_i = 2 * 1$$

$$T_i = 2$$

$$T_d = 0,5 * 1$$

$$T_d = 0,5$$

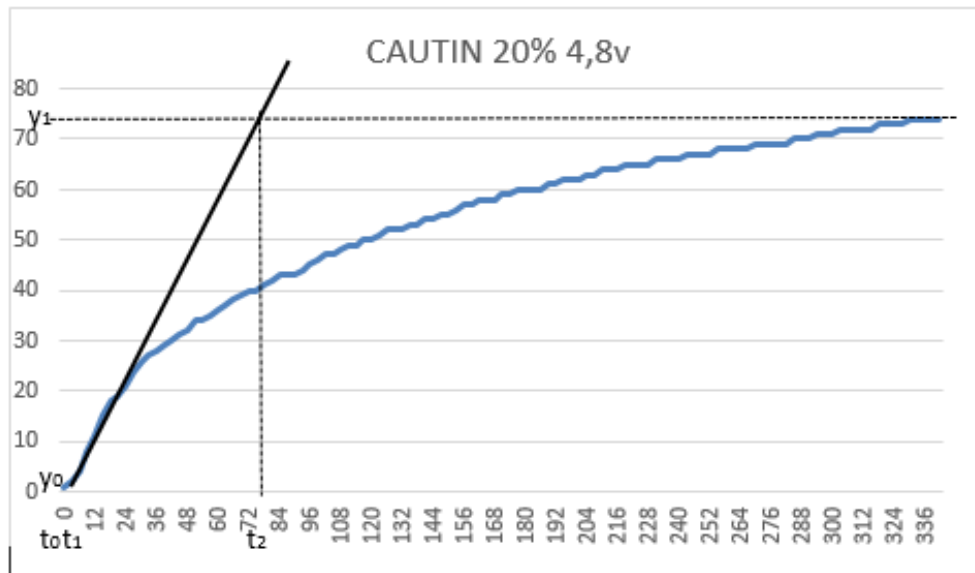


MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS

$$a = K_p$$

$$b = \frac{K_p * T}{T_i}$$

$$c = \frac{K_p * T_d}{T}$$



MÉTODO ZIEGLER-NICHOLS

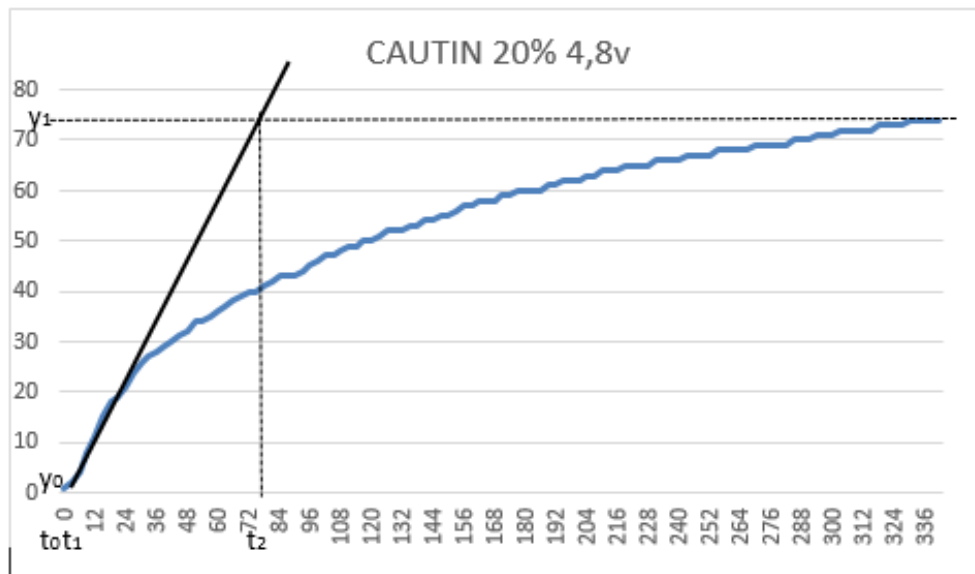
$$a = 6,08$$

$$b = \frac{6,08 * 0,2s}{2}$$

$$b = 0,608$$

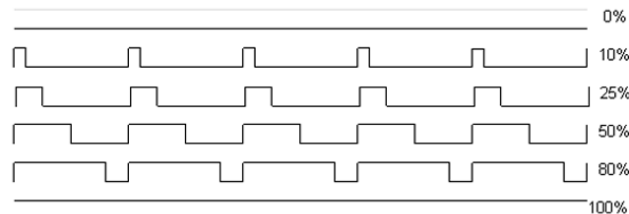
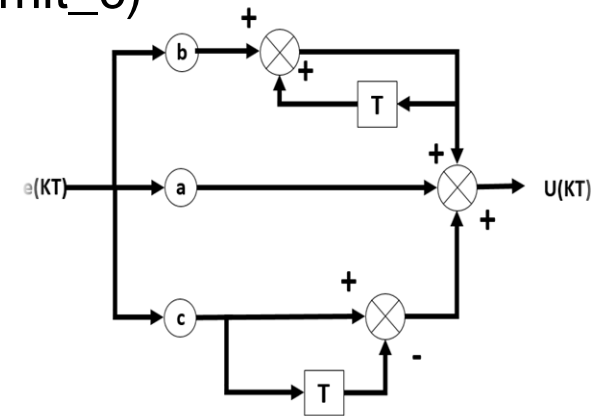
$$c = \frac{6,08 * 0,5}{0,2s}$$

$$c = 15,2$$

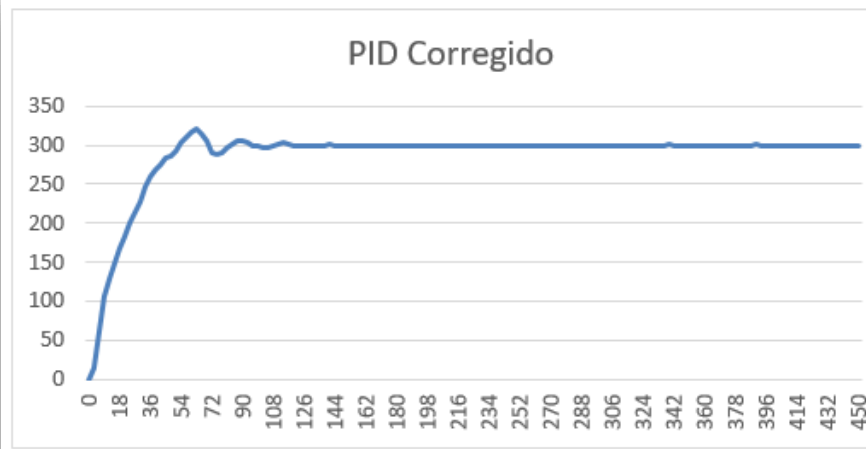
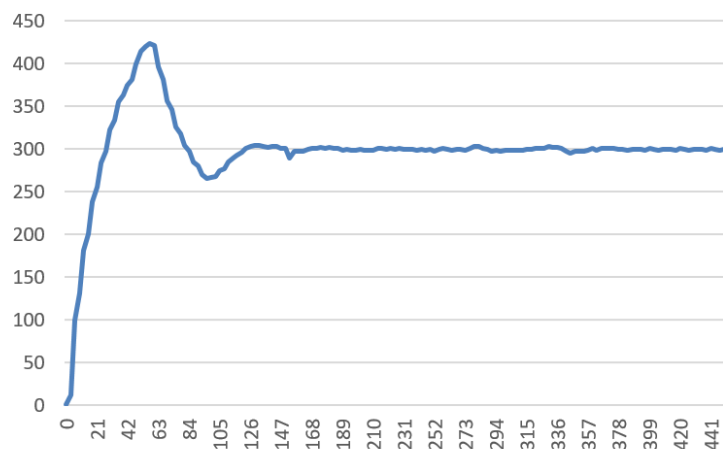


Implementación del PID

- Se lee la temperatura ($yT = \text{Tempcautin}$)
- Se establece la temperatura deseada ($rT = \text{temp_limit_c}$)
- Se calcula el error de temperatura ($eT = rT - yT$)
- Se calcula el termino integral ($iT = b * eT + iT0$)
- Se calcula el termino derivativo ($dT = c * (eT - eT0)$)
- Se calcula la salida PID ($uT = iT + a * eT + dT$)
- Se envía uT al pwm sin exceder los limites que tolera el pwm
- Se guardan los valores anteriores de error e integral $iT0, eT0$.



Implementación del PID



PID vs Otro sistema de control

PID Corregido

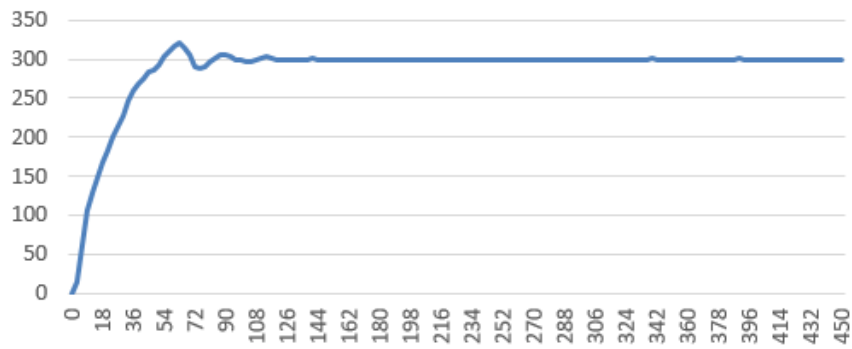
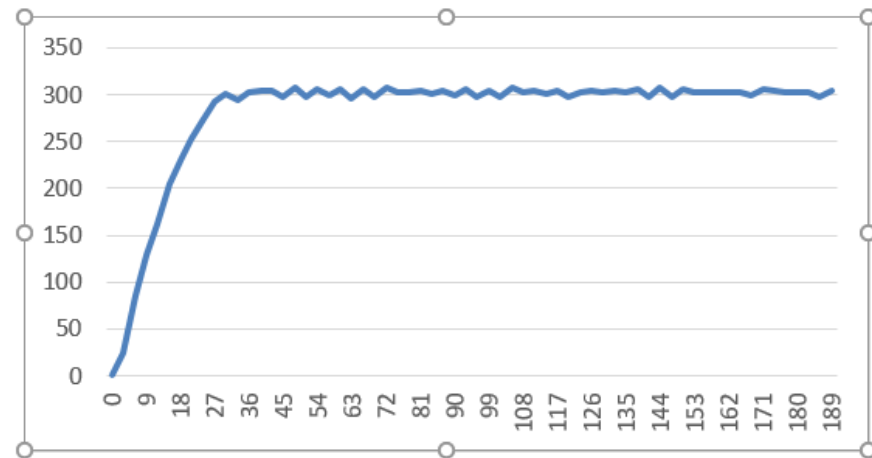


Figura 2-27 Grafica de temperatura vs tiempo control on off



CAUTIN



IMPEDANCIA : 12Ω

24 V dc

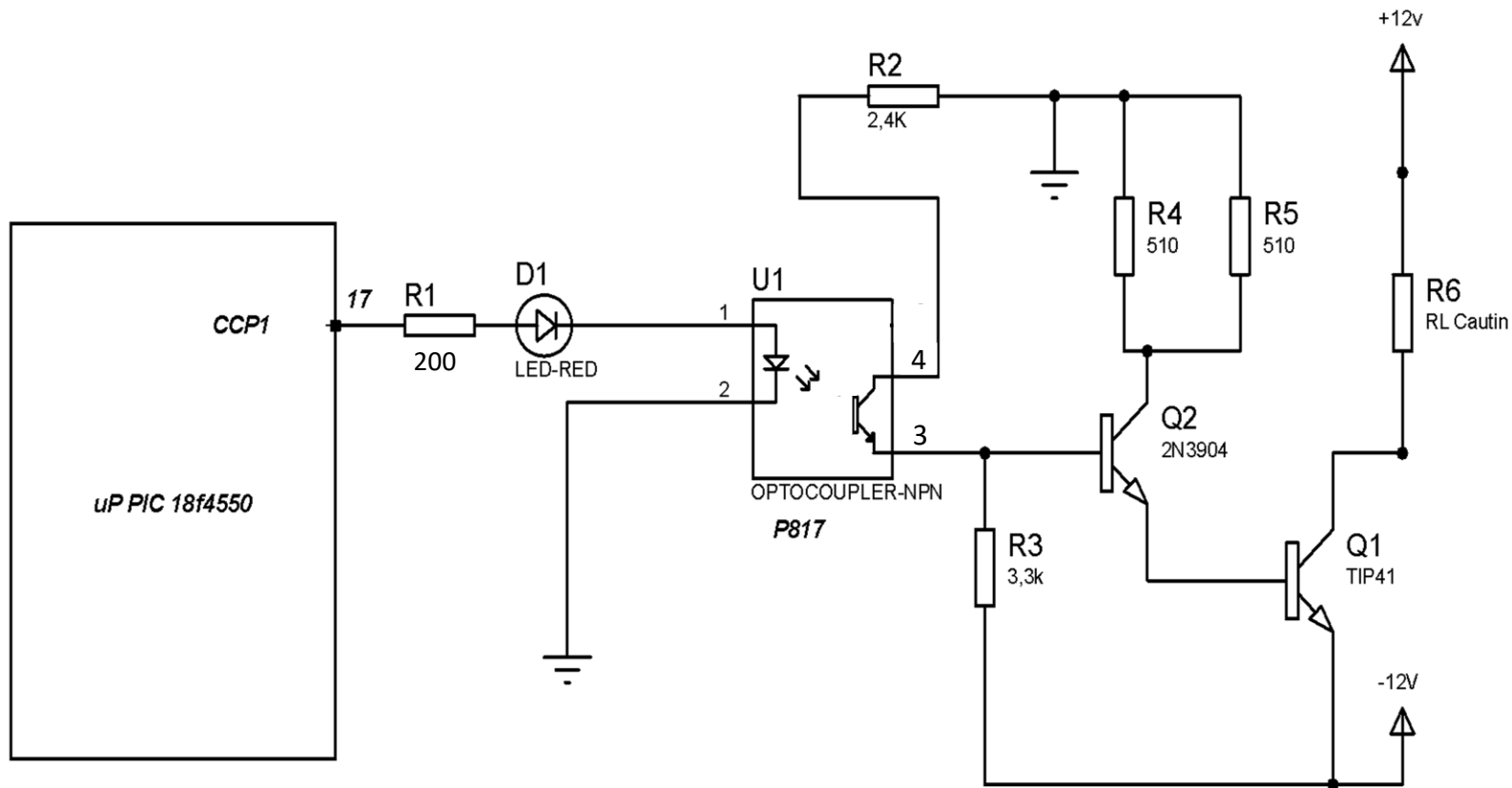
2A

TERMOCUPLA TIPO J

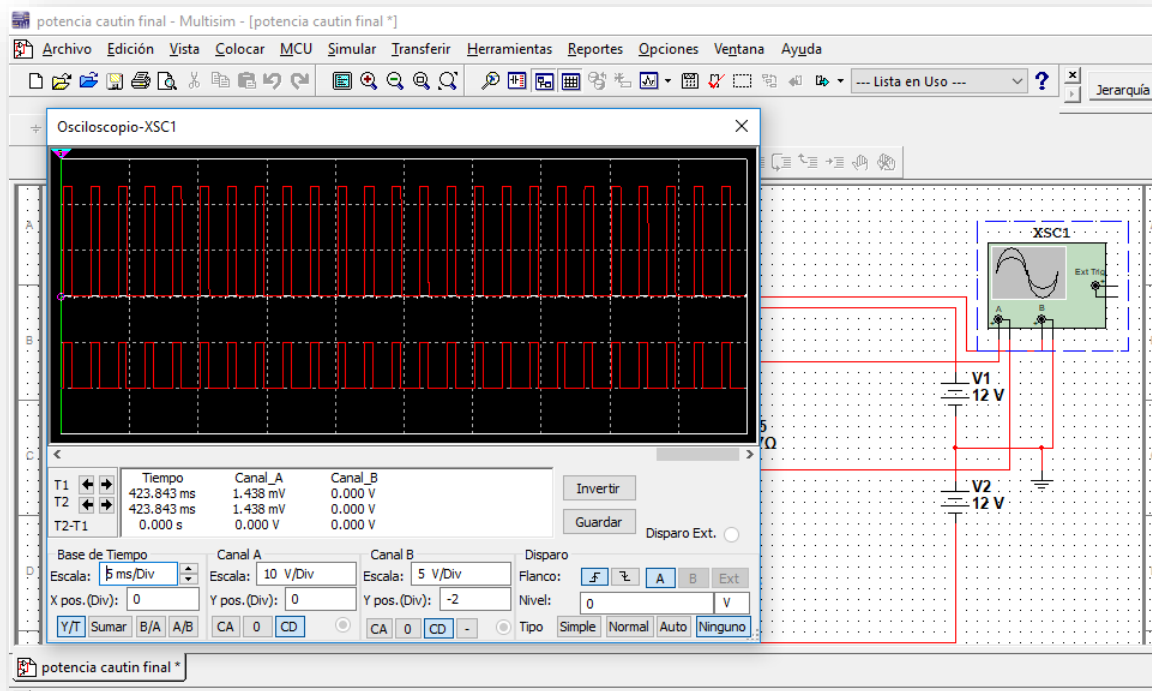
POTENCIA 50W

SENSOR MAGNETICO

Circuito implementado Para el Cautín



Simulación y prueba

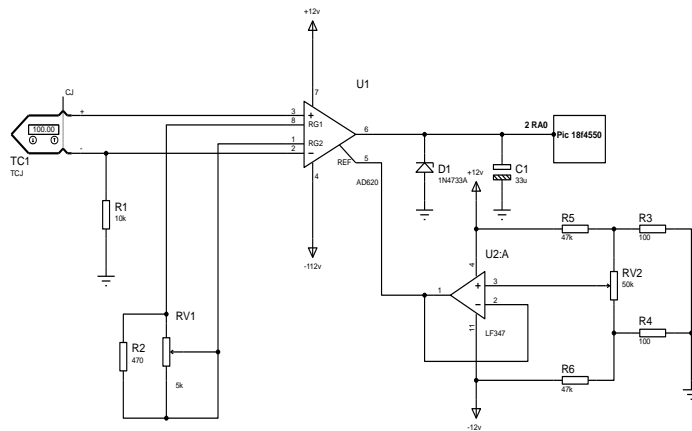
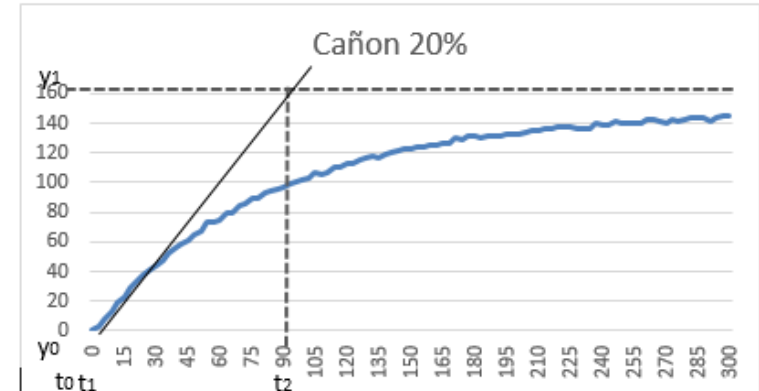
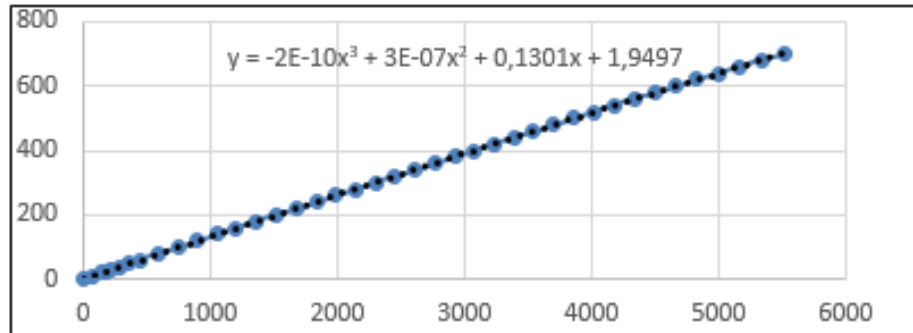


CAÑÓN DE AIRE CALIENTE



IMPEDANCIA : 20Ω
300W
169 Vp cc
Turbina 24 v dc
124 LPM
Sensor magnético

CAÑON DE AIRE CALIENTE



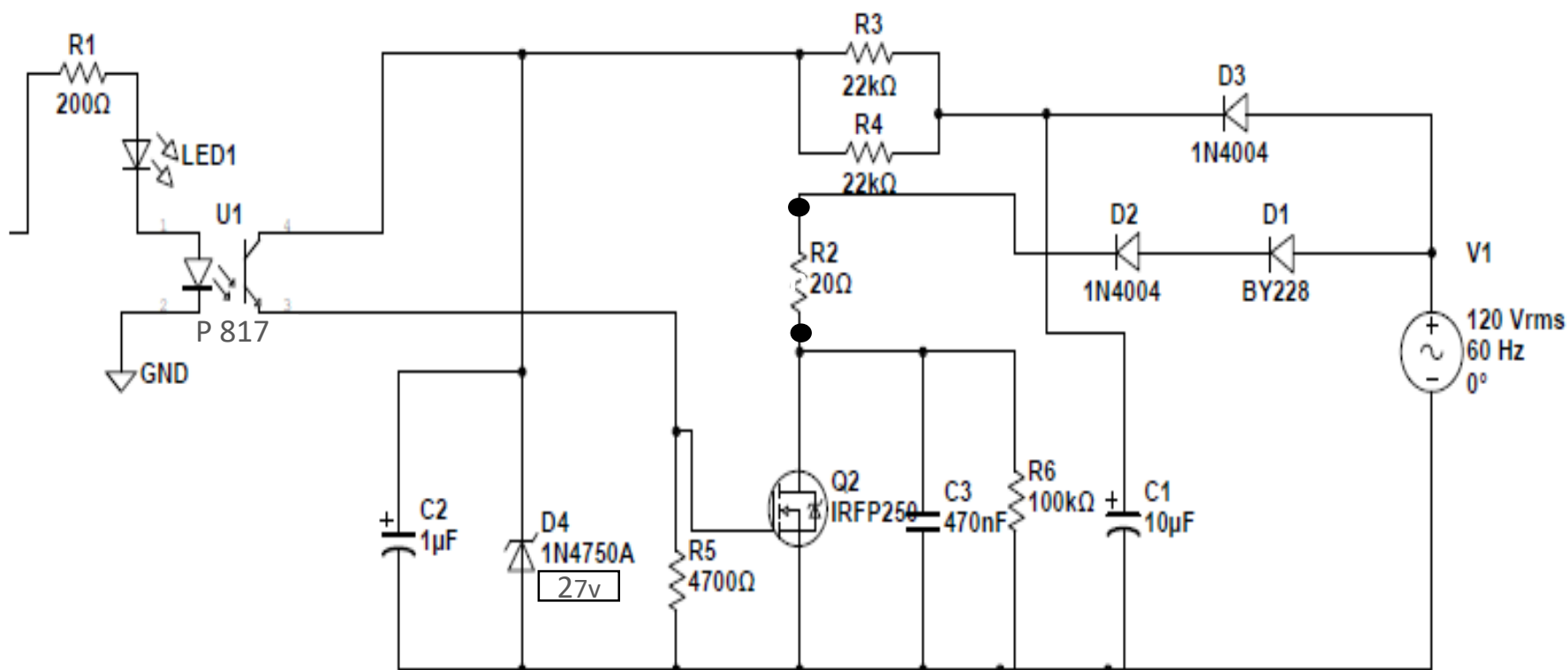
$$a = 5,18$$

$$b = 0,259$$

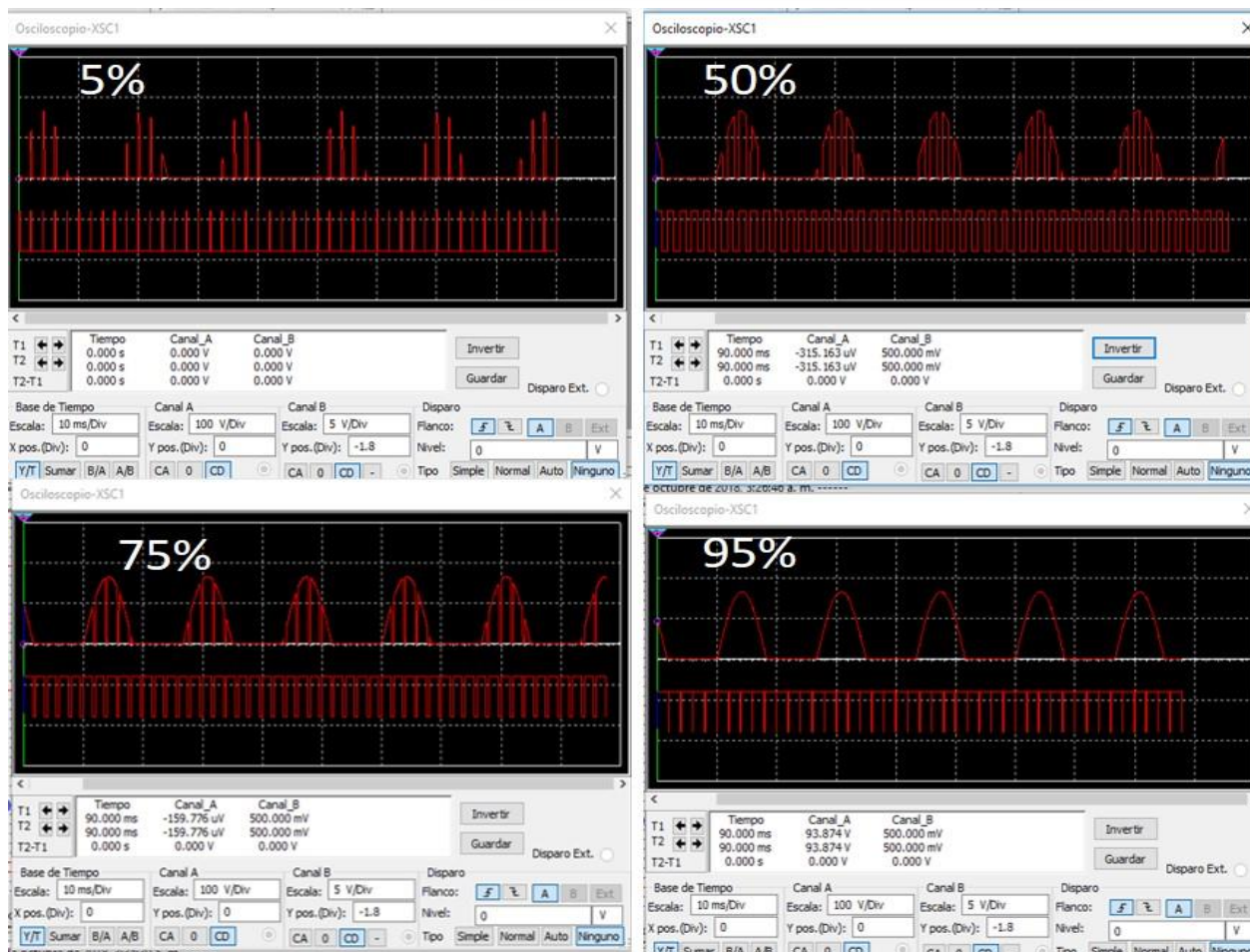
$$c = 25,9$$

CAÑÓN DE AIRE CALIENTE

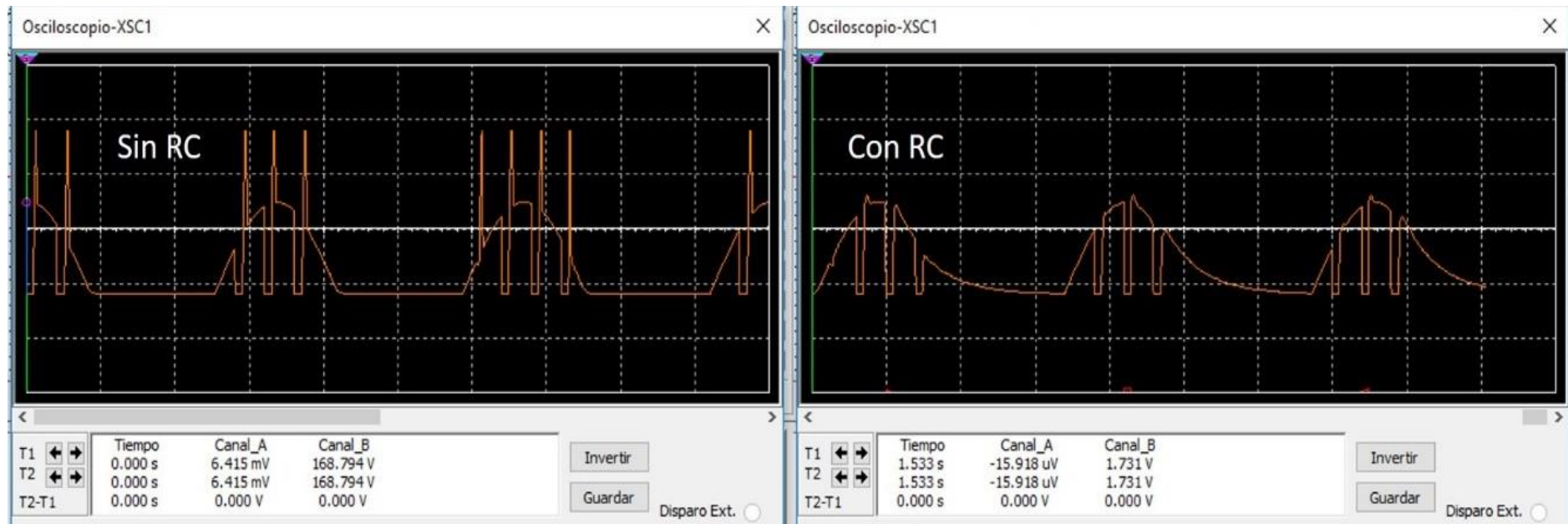
Circuito implementado



CAÑON DE AIRE CALIENTE Simulación



CAÑON DE AIRE CALIENTE Simulación



CAÑÓN DE AIRE CALIENTE

Montaje y Pruebas

Etapas de potencia para el cañón trabajando

Entrada
de Señal

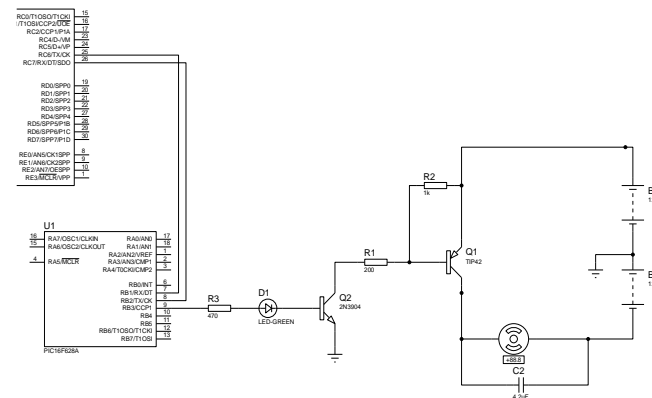
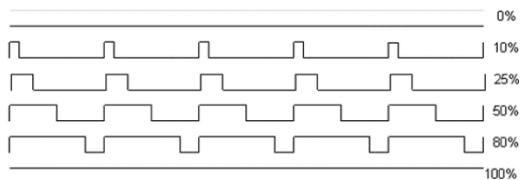
Conexión resistencia
del cañón

Entrada CA

Aire Caliente ->
320 °C Temp.Des
320 °C Aj.Aire>
55 LPM Temp.Act
Desactivar->

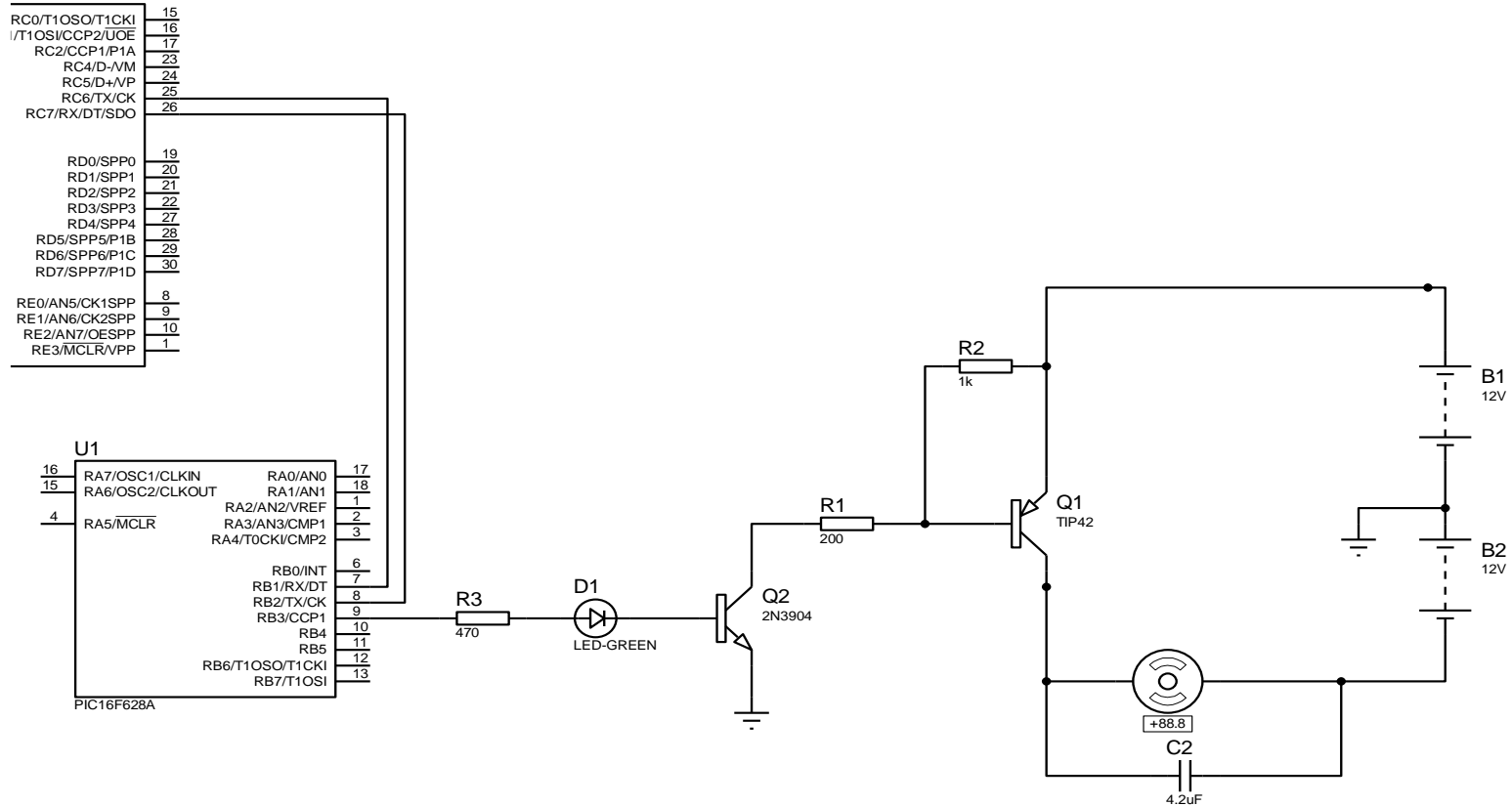
CAÑÓN DE AIRE CALIENTE

Control de flujo de aire



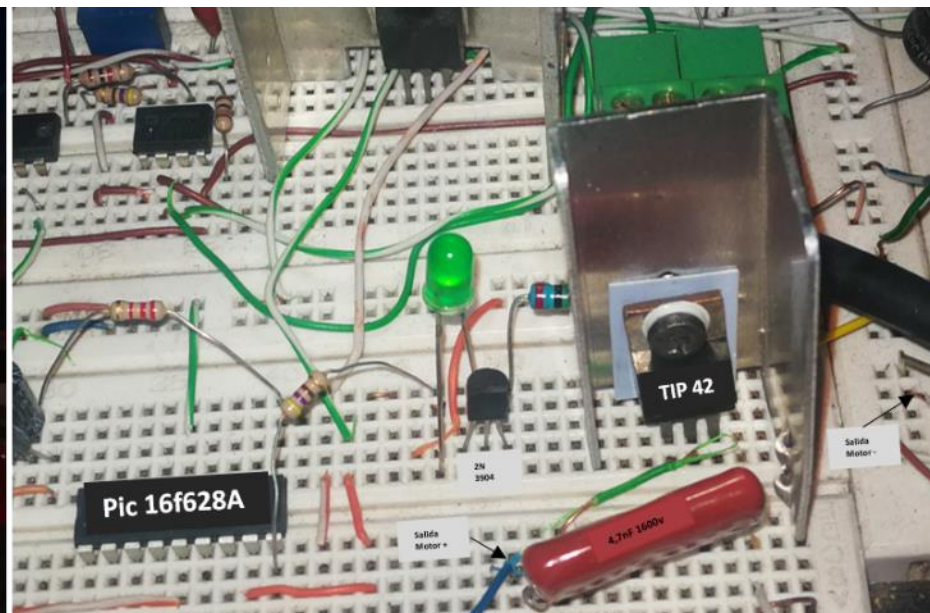
CAÑON DE AIRE CALIENTE

Control de flujo de aire

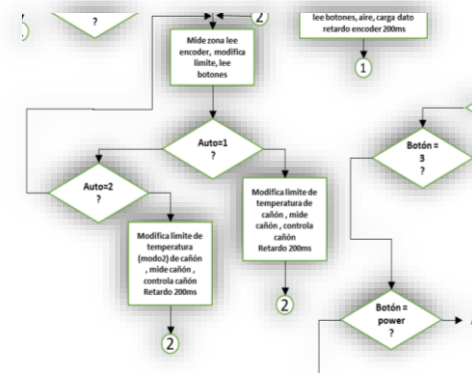
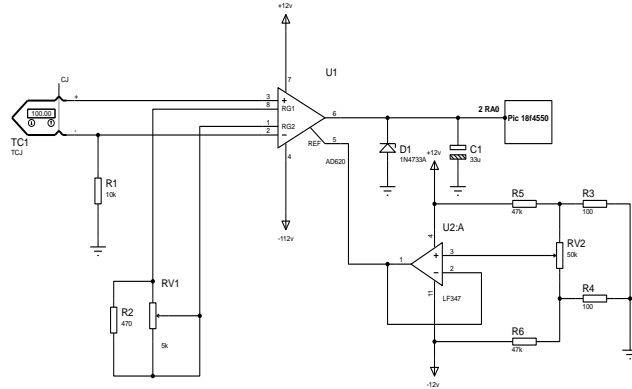


CAÑON DE AIRE CALIENTE

Control de flujo de aire



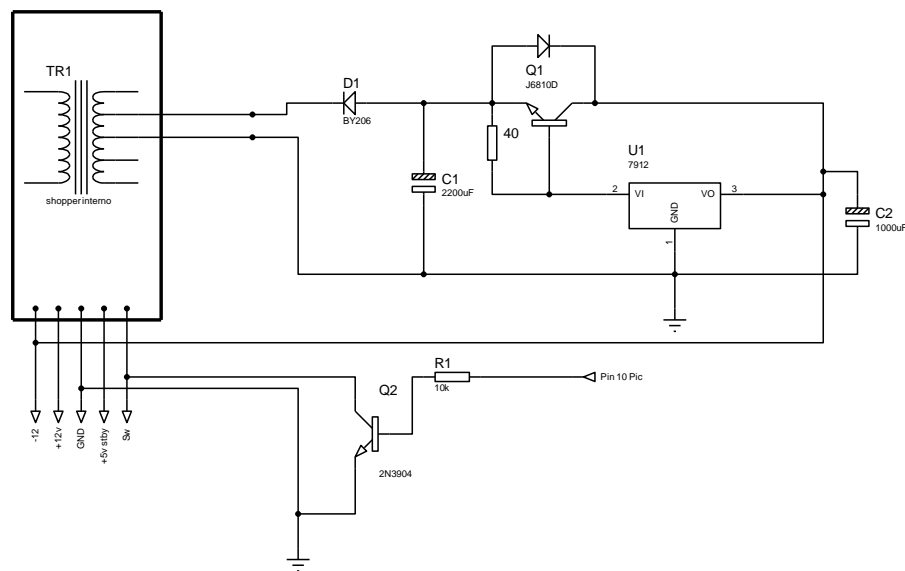
ZONA EXTERNA



FUENTE DE ALIMENTACIÓN



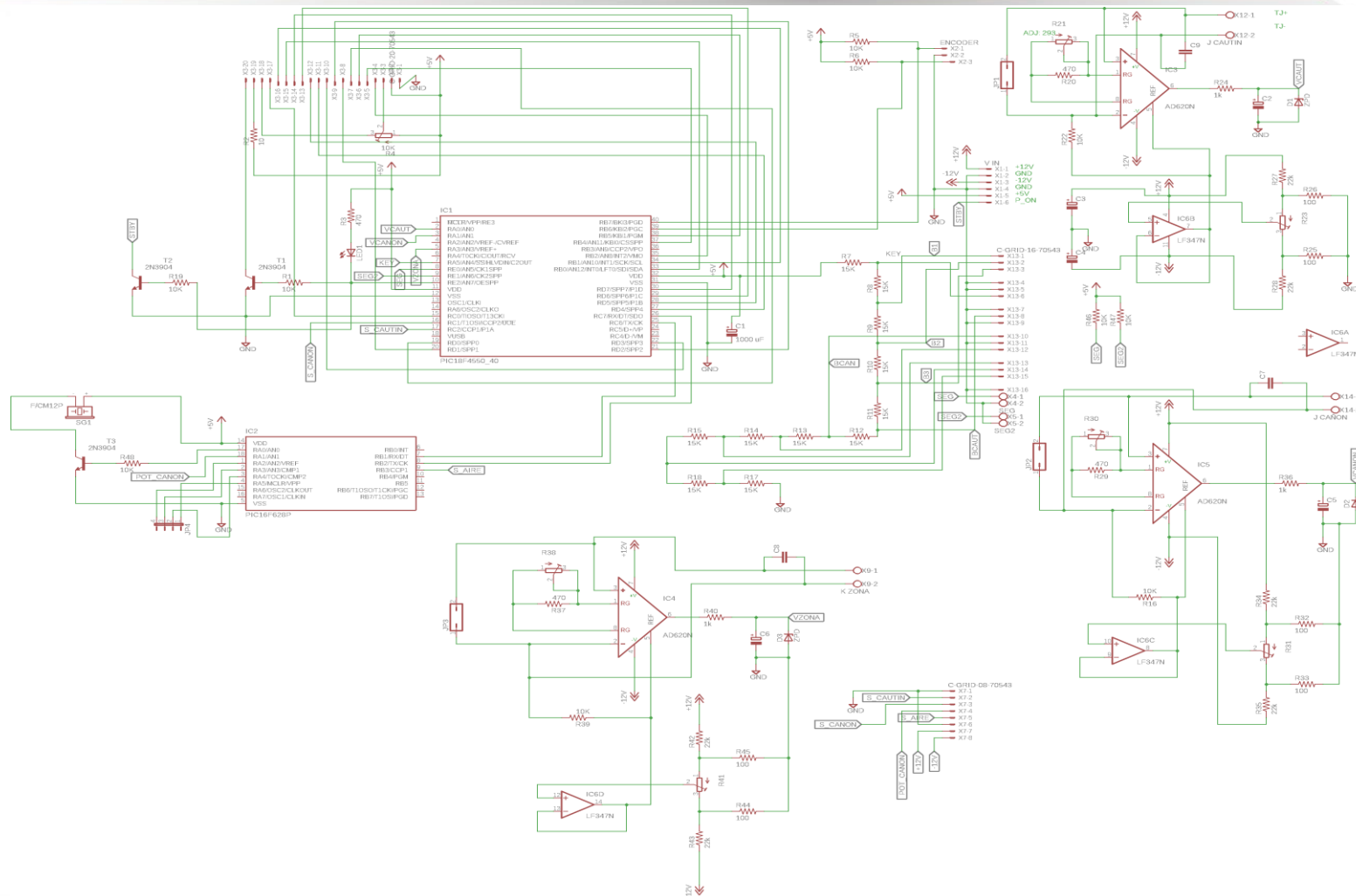
SWITCHING POWER SUPPLY						
MODEL: ATX-500W P4						
AC INPUT:			DC OUTPUT (MAX)			
220V-50Hz	4A		+5V	-5V	+12V	-12V
110V-60Hz	6A		38A	0.5A	18A	0.5A
PLEASE SELECT RIGHT VOLTAGE					+3.3V	+5VSB
					23A	2A



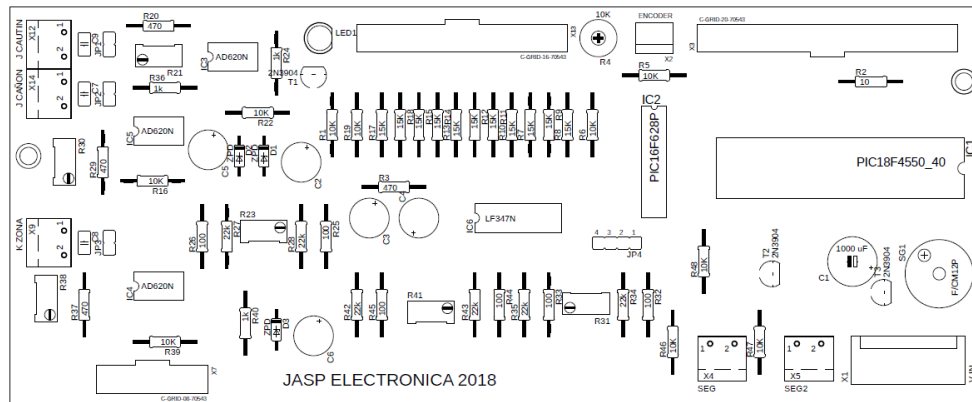
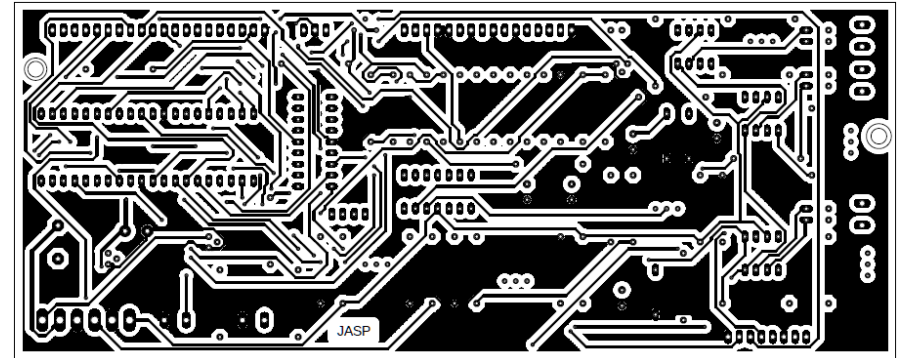
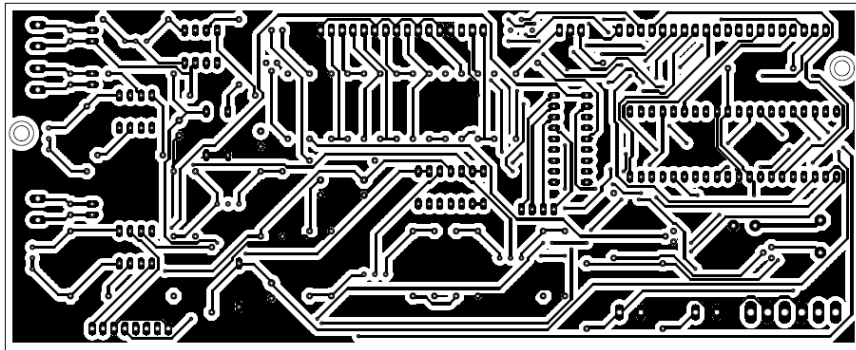
The logo of the Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) is displayed. It features a stylized 'UNAD' in blue and yellow, with a semi-circle of orange dots above the letters. Below the acronym, the text 'Universidad Nacional Abierta y a Distancia' is written in blue and orange. The logo is set against a white circular background with a colorful geometric pattern in the background.



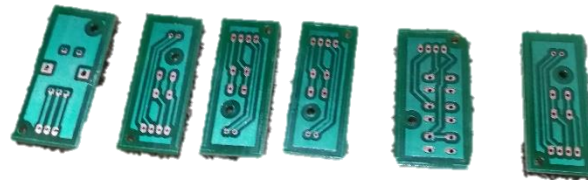
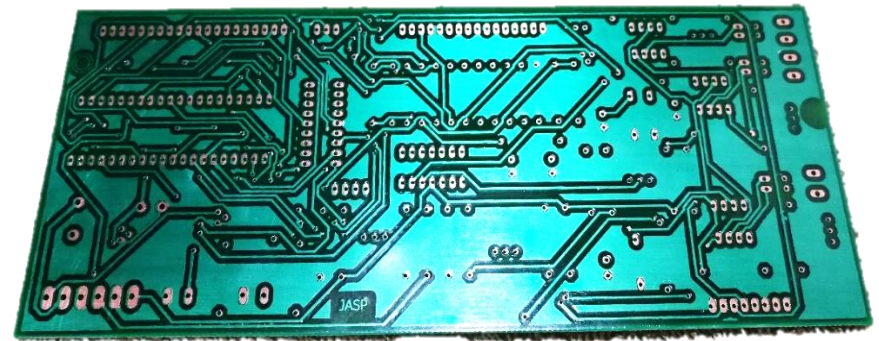
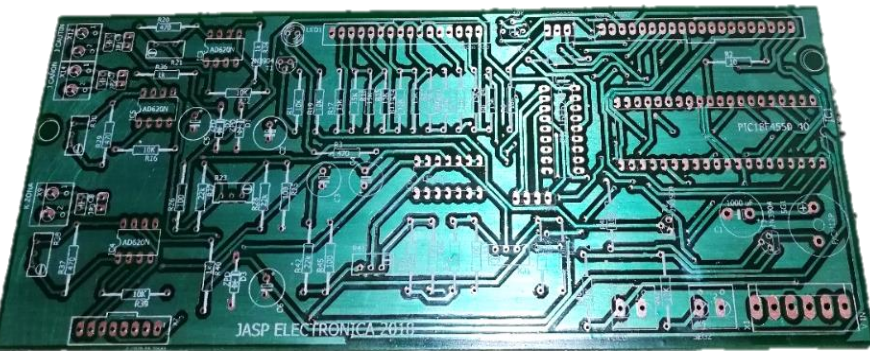
DIAGRAMA TARJETA DE CONTROL



CIRCUITO IMPRESO TARJETA DE CONTROL



CIRCUITO IMPRESO TARJETA DE CONTROL



UNAD
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia



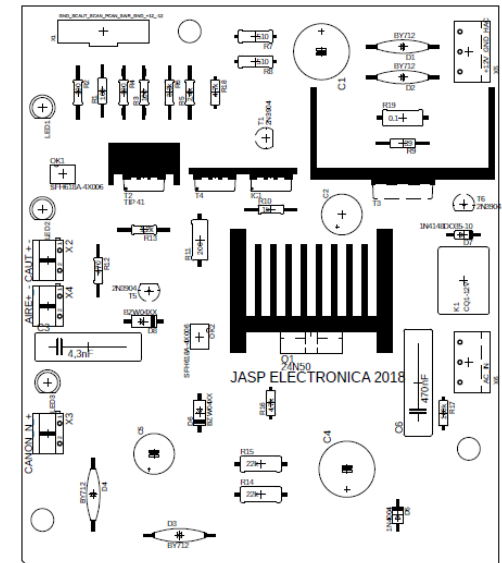
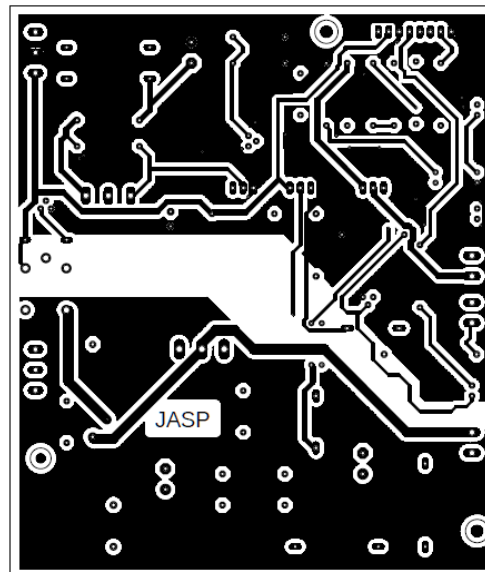
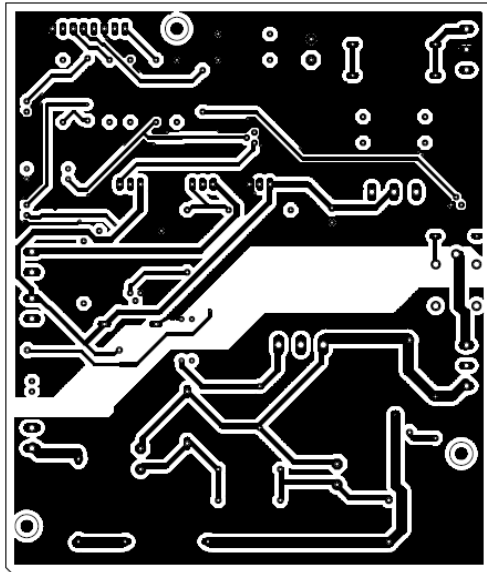
CO09/3143

CO17/7811

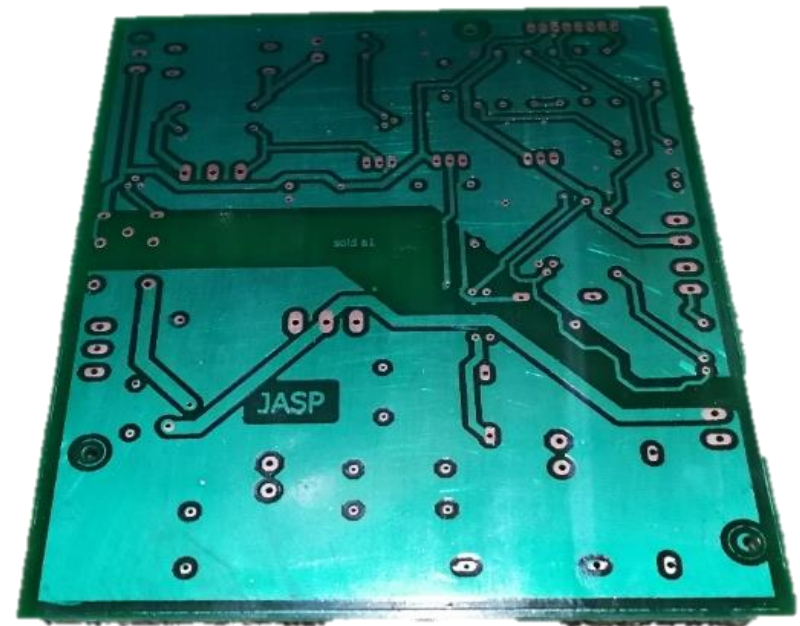
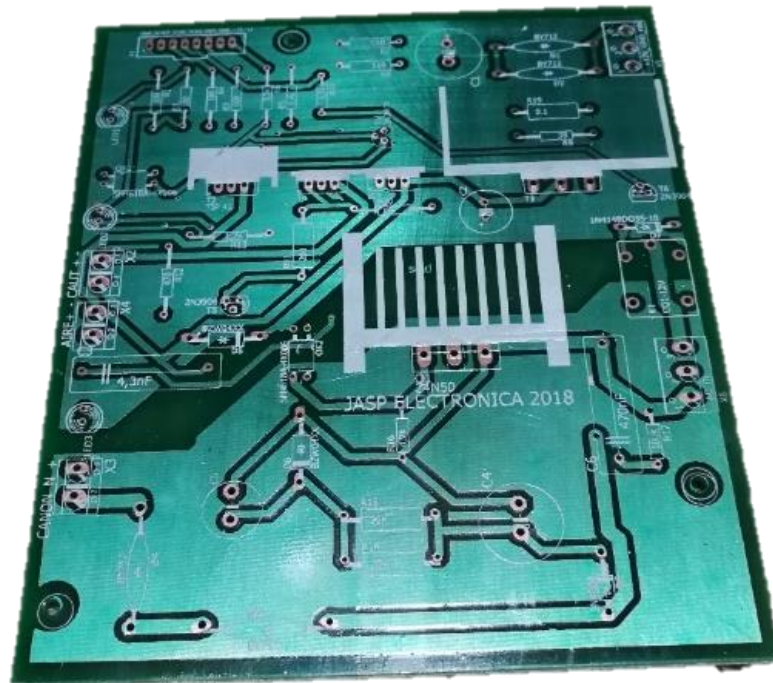
CO14/6012

CO14/6011

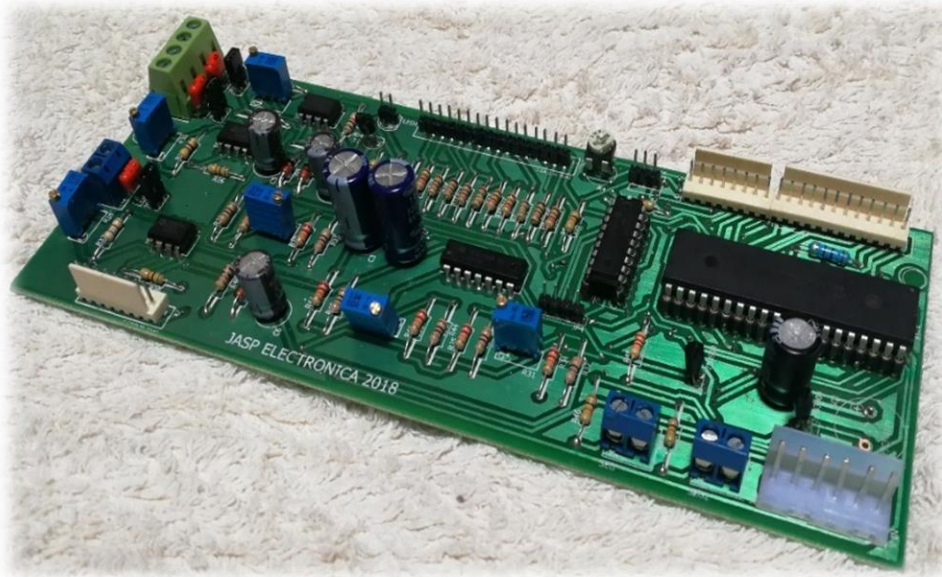
CIRCUITO IMPRESO TARJETA DE POTENCIA



CIRCUITO IMPRESO TARJETA DE POTENCIA



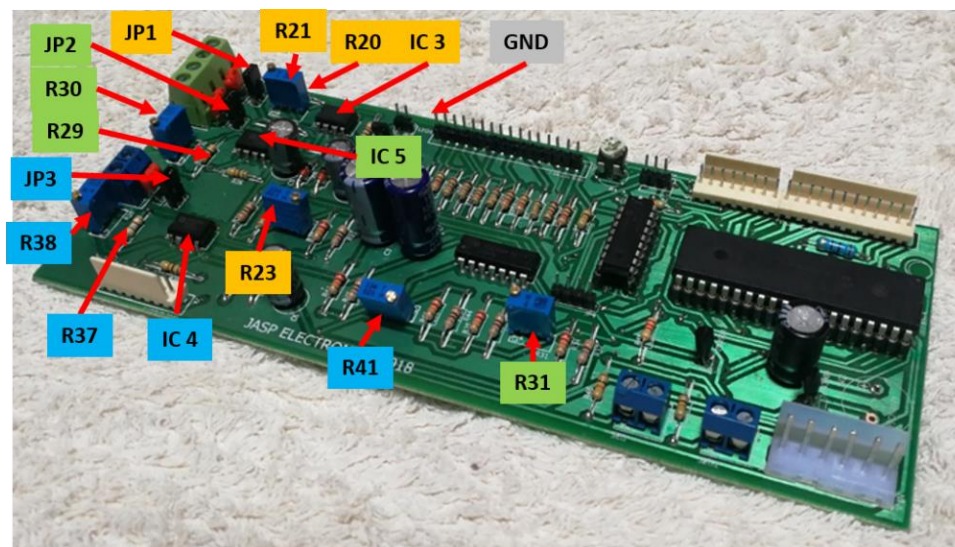
ENSAMBLE



CALIBRACION Y PRUEBAS

TRIMER	Medir en los extremos de:	Valor a Ajustar
R21 Cautín	R 20	294Ω
R30 Cañón	R 29	353,2Ω
R38 Zona Ext	R37	289,5Ω

TRIMER	Medir entre GND y el pin 6 de:
R 23 Cautín	IC 3
R 31 Cañón	IC 5
R 41 Zona Ext	IC 4



CAJA Y ENSAMBLE



CAJA Y ENSAMBLE



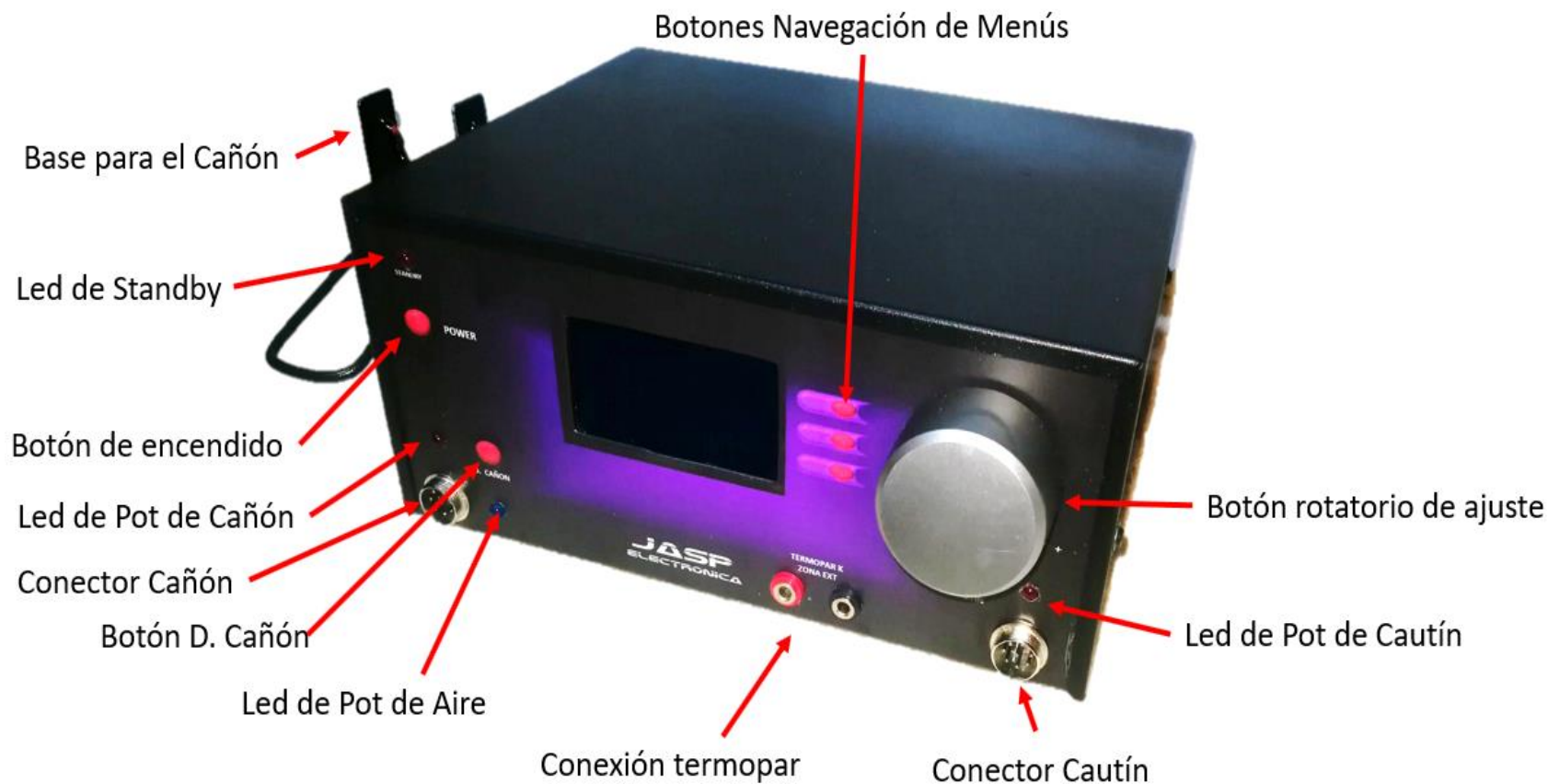
CAJA Y ENSAMBLE



CAJA Y ENSAMBLE



UBICACIÓN Y PARTES



UBICACIÓN Y PARTES



MODO DE USO

Menú principal



MODO DE USO

Menú Cautín



MODO DE USO

Menú Cañón



MODO DE USO

Menú Ajuste De Aire



MODO DE USO

Menú Zona Externa



MODO DE USO

Apagado con Seguridad



Características de consumo



Características	Consumo
Voltaje de alimentación	110v AC 60 Hz
Consumo Stby	1,23W
Consumo Nominal Cautín a 300° C	2,5W
Consumo Nominal Cañón a 300° C	17,5W
Potencias en bases, sin disipación	
Consumo Max	400W

Características Generales

Voltaje de alimentación	110 v Ac / 60 Hz	
Consumo	Max 400W	Min 1.23W
Temperaturas controladas PID:	Min	Max
Cautín	60°C	500°C
Cañón de aire	60°C	500°C
Flujo de aire Aprox. (no lineal)	45 LPM	120 LPM
Medición Zona externa	30°C	700°C
Dimensiones: Ancho:	32,5 cm	
Alto	12 cm	
Fondo	23 cm	
Peso (sin accesorios)	2450 g	
Con accesorios	2900 g	

Conclusiones



Se diseño y se elaboró una estación de soldado para elementos DIP, de superficie SMD y BGA, la cual se controla por microcontrolador, las funciones de control de temperatura deseadas son ajustables.

Con el método de control PID para la temperatura tanto del calefactor de cautín como del cañón de aire se determinó la estabilidad del sistema para realizar la labor de soldado para cada instrumento

El medio de lectura de la temperatura se estableció por medio del uso de termocupla con su debido acondicionamiento de señal por medio de Amplificador operacional de instrumentación para obtener una mayor sensibilidad y precisión

El uso del display gráfico, el encoder y el software en microcontrolador permite que se conforme una interfaz optima y amigable para el uso de las herramientas.

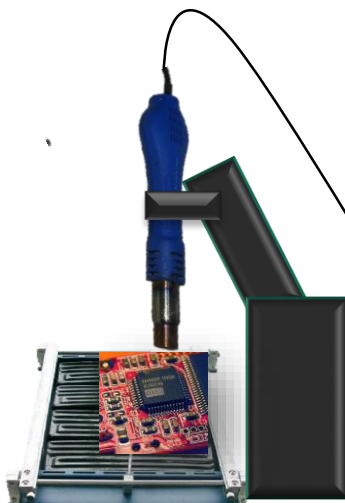
La creación de la zona externa con el uso de la herramienta permite vigilar la temperatura en el elemento a soldar y protege el mismo, a su vez las protecciones por software del no uso de las herramientas evita el desgaste de las mismas y ahorra energía.

Recomendaciones y Alcances

Expansión partes externas

Comunicación serie SPI

Uso de la Fuente interna





Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

**¡GRACIAS POR SU
ATENCIÓN!**